زنجیرەی کتێبی زانستی/ ١٠

فیزیای کوانتەم

وەهم یان هەقیقەت؟



ئالستەر ڕای

حوسێن حوسێنی

لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی

غەزەلنووس

فیزیای کوانتەم
وەهم یان هەقیقەت؟

ئالستەر ڕای

غەزەلنووس

له زنجیره بڵاوكراوەكانی

ناوەندی **غەزەلنووس**- بۆ چاپ و بڵاوكردنەوە

زنجیرەی كتێب: (١٦٩)

زنجیرەی كتێبی زانستی: **(١٠)**

فیزیای كوانتەم، وەهم یان هەقیقەت؟

ئالستەر ڕای

حوسێن حوسێنی

لە ئینگلیزییەوە كردوویە بە كوردی

- بەرگ: باسم ڕەسام
- نەخشەسازیی ناوەوە: ئاوات كەریم مستەفا
- ڕێنووس و هەڵەچنی: لاوك ئەبوبەكر
- چاپ: یەكەم/ ٢٠١٧
- چاپخانە: تاران
- تیراژ: ١٠٠٠ دانە
- نرخ: ٦٠٠٠ دینار
- بڵاوكار: ناوەندی **غەزەلنووس**- بۆ چاپ و بڵاوكردنەوە

لە بەڕێوەبەرایەتیی گشتیی كتێبخانە گشتییەكان ژمارەی سپاردنی(١٨٩٨)ی ساڵی(٢٠١٦)ی پێ دراوە

سلێمانی- مەیدانی پاسەكانی تووی مەلیك- نهۆمی زەمینیی بازاڕی كتێب

ژمارەی تەلەفۆن: ٠٧٧٠٣٥٧٣٧٥٧

www.xazalnus.com

فیزیای کوانتەم، وەهم یان هەقیقەت؟

ئالستەر ڕای

حوسێن حوسێنی

لە ئینگلیزییەوە کردوویە بە کوردی

چاپی یەکەم

٢٠١٧

ناوەرۆک

پێشەکیی وەرگێر

لە چارەکی یەکەمی سەدەی بیست، کەمێک دوای لەدایکبوونی، فیزیای کوانتەم تووشی تەنگەژەیەکی گەورەی فەلسەفی بوو؛ کۆمەڵەی فیزیاییەکانی ئەوکات بوون بە دوو بەشەوە، ژمارەیەکیان نەیاری سەرسەخت و ژمارەیەکیان پشتیوانی بوون. ئەوەی لە کۆتاییدا مایەوە و پەرەی سەند، فیزیای کوانتەمی بوو، کە بوو بە ئامرازێکی هەرە گرنگ بۆ توێژینەوە لە سروشت.

فیزیای کوانتەم تێڕوانینمانی بۆ سروشت گۆڕی، بوو بە هۆی ئەوەی بە شێوازێکی تر تەماشای دیاردەکان بکەین، کە لەگەڵ تێڕوانینی ئاسابیدا جیاوازیی بنەڕەتیی هەیە. واتای هەقیقەت گۆڕانکاریی گەورەی بەسەردا هات و هەقیقەتی ڕەها واتای خۆی لەدەست دا. ئەمە هەر ئەوە شوێنە بوو، بوو بە هۆی بازادانی گەورە لە زانستدا و گیرۆدەیی هاتە کایەوە.

بۆ ڕزگارکردنی هەقیقەتی ڕەها و شکستپێهنانی پێشبینییەکانی فیزیای کوانتەم، **ئالبێرت ئاینشتاین** و هاوڕێکانی تاقیکردنەوەیەکی زیهنییان داهێنا، کە بە EPR ناسراوە. بە ڕواڵەت ئەگەر فیزیای کوانتەمی ڕاست بوایەت، شتی سەیروسەمەرە دەهاتە کایەوە، کە ژیریی باو پەسەندی نەدەکرد و لەگەڵ هەندێک تیۆریی تردا، بەتایبەتی تیۆریی ڕێژەیی تایبەتی **ئاینشتاین**، یەکی نەدەگرتەوە. ئەم تاقیکردنەوە زیهنییە دڵی نەیارانی فیزیای کوانتەمی زۆر خۆش کرد و ڕێگەی کردەوە تیۆرییەکی تر هەلی گرنگی پێدانی بۆ بڕەخسێت، کە ناسراوە بە تیۆری بگۆڕە شاراوەکان (Hidden Variable Theory). بەڵام تاقیکردنەوە هەمیشە گەورەترین پێوەرە بۆ ڕاستی یان ناڕاستیی تیۆرییەکی فیزیایی. تاقیکردنەوەکانی کۆتایی سەدەی بیست هەمووی لە بەرژەوەندیی فیزیای کوانتەمی و بێکەڵکبوونی تیۆری بگۆڕە

شـــاراوەکان بـــوو. ئەم کتێـــبە برێـــک لەم چیـــرۆکە و لێکـــدانەوە فەلســـەفییەکانمان بە پشتبەســـتن بە تـــاقیکردنەوە بـــۆ دەگێـــڕێتەوە. سەرەڕای ئەوە باسی دوایین پەرەسەندنەکانی لێکدانەوەی کۆپنهاگن سـەبارەت بە ئەنجامەکانی فیزیـای کـوانتەمی دەکـات و پرسـی پێوان (Measurement)مان بە تێروتەسەلی بۆ باس دەکات و نزیکبوونەوەی فرەجیهـانی و جیهـانی پەلاوی دەکـات بە ڕۆژەڤێکـی گرنـگ، باســی پرۆسەی شیاو بۆ گەڕانەوە و نەشیاو بۆ گەڕانەوەکان دەکات، کە لە کەم شوێندا بەم شێوە باس کراوە.
یەکێکی تر لە گرنگترین باسەکانی ئەم کتێبە، پچڕانی زنجیرەی پێوانە؛ لە کوێدا پێوانی کـوانتەمی کۆتـایی پـێ دێـت؟ یـان سـنووری نێـوان فیزیای کوانتەم و فیزیای ئاسایی (کلاسیک) لە کوێدایە؟
چاودێری هۆشیار یەکێکی ترە لە باسەکانی ئەم کتێبە، ئەو چاودێرەی دەکرێـت ئەو ڕووداوانەی کە ڕوویـان داوە بگێـڕێتەوە، کە ئەم باســە دەمانبـات بـۆ باسـی هۆشـیاری و زیهـن، کە تـا ڕادەیەک بـابەتێکی گەرمی ئەمڕۆی فیزیای کوانتەمە.
مـن لێـرەدا نامەوێـت خوێنـدنەوەی خـۆم بـۆ کتێـبە بـاس بـکەم، کە لەوانەیە خـــوێنەر بە هەڵەدا ببـــات، بەڵام ئەم کتێـــبە یەکـــێکە لە هەرە کتێـبە بەرجەســـتەکان لەم بـــوارەدا، بەڵام دەبێـــت خـــوێنەری بەڕێــز ئـاگەدار بێت کتێبی ڕۆمـان نـاخوێنێتەوە، کتێبێکـی فەلسـەفی-زانسـتی دەخـــوێنێتەوە و پێویســـتە لە کـــاتی خوێندنەوەیـــدا پشـــوودرێژ بێـــت. بێگومـــان دوای خوێنـــدنەوەی کتێـــبەکە زۆر شـــت لە لای دەگۆڕێـــت. سـەبارەت بە وەرگێـڕانەکە، تەنیـا دەتـوانم ئەوە بڵێـم، تـا ئەو شـوێنەی کراوە هەوڵـم داوە وەرگێڕانێکـی بـێ گـرێ و ڕوون پێشـکەش بـکەم و خوێنەر لە کاتی خوێندنەوەدا تووشی هەڵتەک و تاسە نەبێت.

حوسێن حوسێنی
هاوینی ٢٠١٦

پێشەکی بۆ چاپی یەکەم

فیزیای کوانتەمی تیۆرییەکە کە بە نزیکەیی هەموو تێگەیشتنی ئەمرۆمان سەبارەت بە گەردوونی فیزیایی لەسەری بەندە. لە کاتی داهێنانیەوە لە نزیکەی ٦٠ ساڵ لەوەوپێش، ناوچەی تیۆری کوانتەمی بە ڕادەیەک پەرەی سەندووە، کە دەکرێت ڕەفتاری تەنۆلکە نیمچەئەتۆمییەکان، تایبەتمەندیی ناوکەکان و سەنگچن و تایبەتمەندیی مۆڵکیولەکان و مادە ڕەقەکان، هەمووی بە هۆی ئەوەوە بە سەرکەوتووانە شرۆڤە بکرێت. لەگەڵ ئەوەشدا تیۆری کوانتەمی هەر لە سەرەتاوە گیرۆدەی پرسی واتایی (چەمکی) و فەلسەفی بووە، کە تێگەیشتن لێی دژوار و پەسەندکردنی گران کردووە.

وەک خوێندکارێکی فیزیا، نزیکەی بیستوپێنج ساڵ لەوەوپێش یەکێک لە ڕاکێشەرە سەرەکییەکانی بابەتەکە بۆ من، ئەو بازدانە هزرییە گەورەیە بوو، کە فیزیای کوانتەمی داوای دەکرد لە شێوازی بیرکردنەوەی خۆمان سەبارەت بە جیهانی فیزیایی دروستی بکەین. وەک خوێندکارێک ئەمە بۆ ئێمە مەتەڵ بوو، مامۆستاکانمان تا ڕادەیەک هانیان دەداین، بەڵام ئەوان زۆرتر هەوڵیان دەدا فێرمان بکەن ئایدیاکانی کوانتەم بۆ تێگەیشتن لە دیاردە فیزیاییەکان بەکار بهێنین. لەو کاتەدا گران بوو کتێبێک لەسەر لایەنە واتاییەکانی بابەتەکە بدۆزرێتەوە، یان لانیکەم بە شێوەیەکی پەسەندکراو لەسەر

بابەتەکە قسەی کردبێت. نزیکەی بیست ساڵ دواتر، کاتێک ئەو هەڵەم هەبوو میکانیکی کوانتەمی بە خوێندکارانی بەکالۆریۆس بڵێمەوە، هەوڵم دا هەندێک سەرچاوە سەبارەت بە لایەنە چەمکی و مەفهومییەکانی بابەتەکە بناسێنم، هەرچەندە بینیم نووسراوی جۆراجۆر هەیە، بەڵام تێگەیشتن لێیان بۆ کەسانی ناپسپۆڕ گران بوو. بە هۆی ئەو ئەزموونەوە گەیشتم بەو ئەنجامەی دەکرێت پرسە واتاییەکانی فیزیای کوانتەمی بەبێ تێگەیشتن لە وردەکاریی بوارگەلێکی بەرفراوان لە فیزیا، کە بۆ بەکارهێنانی تیۆری کوانتەمی پێویستە و بەبێ بەکارهێنانی تەکنیکی ماتماتیکی کە فیزیاییە پرۆفشناڵەکان زۆر بە سوودمەندی دەزانن، شرۆڤە بکرێت. ئێستا ئەم کتێبە هەوڵێکە بۆ ئەو مەبەستە.

چوار بەشی سەرەتای کتێبەکە ئایدیا بنچینەییەکانی فیزیای کوانتەم پێشکەش دەکات و شرۆڤەی دوو پرسی چەمکی سەرەکی دەکات: نالۆکاڵیبوون، کە واتای ئەوەیە بەشە جیاوازەکانی سیستەمە کوانتەمییەکان، تەنانەت کاتێک زۆر دووریش لە یەک بن و کارلێکێکی دیاریکراو لە نێوانیاندا نەبێت، لەسەر یەکتری کاریگەری دادەنێن و پرسی پێوان، کە واتای ئەوەیە سیستەمە کوانتەمییەکان تەنیا کاتێک تایبەتمەندییان هەیە، کە بپێورێن، هەرچەندە هیچ شتێک لە دەرەوەی فیزیای کوانتەمیدا نییە، بۆ ئەوەی پێوان ئەنجام بدات. بەشەکانی دواتر چارەسەرە جۆربەجۆرەکان کە بۆ چارەسەری ئەم پرسە پێشنیاز کراوە، شی دەکاتەوە. هەر کام لەم ڕێگەیانە تەنگەژە بۆ دیدگا ئاساییەکەمان سەبارەت بە جیهانی فیزیا دروست دەکات و زۆر لە ئەنجامەکانی زۆر دوورە پێی بگەین و بە نزیکەیی بڕواپێنەکراون. هێشتا هاوڕاییەکی گشتی لەم بارەوە لە ئارادا نییە و لە بەشی کۆتاییدا دیدگا جۆربەجۆرەکان کورت کراونەتەوە و دیدگای کەسیی خۆشم باس کردووە.

من دەبێت سوپاسی هەموو ئەوانە بکەم کە لە نووسینی ئەم کتێبەدا یارمەتییان داوم، بەتایبەتی **سایمۆن کاپیلن، کۆلین گۆخ** و **کریس ئیشام**، کە دەستنووسە سەرەتاییەکەیان خوێندەوە و زۆر ڕەخنەی بونیادنەریان پێشکەش کرد. من بە هۆی ئەو گەنگەشانەی لەگەڵ ئامادەبووانی پۆلێک، کە بە پشتگیریی بەشی سەروو بەرنامەی زانکۆی بێرمینگهام ئەنجام درا، زۆر کاریگەر بووم و بەتایبەتی سوپاس ڕێنماییەکانیان دەکەم بۆ چۆنێتیی ڕوونکردنەوەی گەنگەشەکان لەسەر سەلمێندراوی بێڵ لە بەشی سێیەمدا. هەروەها من دەبێت سوپاسی تایبەتی **جودی ئاستل** بکەم بۆ تایپکردنی دەستنووسەکان و ئارامگرتنەکەی و یارمەتیدانەکەی بۆ گۆڕان و پێداچوونەوەکان.

١٩٨٦

پێشەکی بۆ چاپی دووەم

ئامانجی من لە ئامادەکردنی چاپی دووەم، بریتی بوو لە سادەکردنەوە و ڕوونکردنەوەی گەنگەشەکان بەبێ ئەوەی ناوەڕۆکەکەی تراو ببێتەوە و نوێکردنەوەی نووسینەکان لە ژێر ڕۆشنایی پەرەسەندنەکانی ئەم ١٧ ساڵەی دوایی. گەنگەشەکان لەسەر نالۆکاڵیبوون و نایەکسانیی بێڵ لە بەشی سێیەمدا دوو نموونە لەمەن. سەلماندنی نایەکسانیی بێڵ بە شێوەیەکی بەرچاو سادە کراوەتەوە، بەبێ ئەوەی بە بڕوای من ڕاستبوونەکەی تێک بچێت و لەسەر ئەو بابەتە گەڕاوینەتەوە بۆ تاقیکردنەوە گرنگە ئەنجامدراوەکانی دەیەی کۆتایی سەدەی بیستەم. من سوپاسی **لیڤ ڤایدمەن** دەکەم بۆ ڕاکیشانی سەرنجم بەرەو ڕەخنە نادادگەرانەکانم لە لێکدانەوەی فرەجیهانی و یارمەتییەکانی ئەو و **سایمۆن ساوندێر** بۆ هەڵەکانیان، کە منی گەیاند بە تێگەیشتن لە پرسی ئەگەرەکان، کە لەم چوارچێوەدا باس دەکرێت. بەشی شەشەم لە ژێر ڕۆشنایی ئەمەدا جارێکی تر نووسراوەتەوە، بەڵام من دڵنیام هیچ کام لەو بەڕێزانەی سەرەوە بە تەواوتی هاوڕا نین لەگەڵ ئەنجامگیرییەکانم.

بەشی حەوتەم لە ژێر کاریگەری و بۆ لەخۆگرتنی مۆدێلی دارمانی خۆبەخۆ، کە لە لایەن **گیرادی**، **ڕیمینی** و **ویبیروە** پەرە پێ درا، جارێکی تر نووسراوەتەوە. کارە تاقیگەییە گرنگەکەی ئەم ناوچەش پێداچوونەی بۆ کراوە. پێشکەوتنێکی یەکجار بەرچاو لە تێگەیشتن لە

پرۆسەی نەشیاو بۆ گەڕانەوە هاتووەتە ئاراوە، کە لە بەشی هەشتەم و نۆیەم و دەیەمدا گەنگەشەی لەسەر کراوە. بەشی نۆیەم کە جەخت لەسەر ئایدیاکانی سالانی ١٩٨٠ دەکاتەوە، تا ڕادەیەکی زۆر وەک خۆی ماوەتەوە، بەڵام بەشی دەیەم دانراوە بۆ پەرەسەندنەکانی دوایی.

ئەم چاپە نوێیە بە شێوەیەکی بەرچاو بە تێچێنەکانی **کریس تیمسۆن** پێش خرا، کە دەستنووکەی خوێندەوە و بە چاوی فەیلسووفێکی پسپۆڕەوە ڕەخنەبارانی کرد؛ ئەو دەبێت زۆر لە پێشنیازەکانی لە پێداچوونەوەدا ببینێت. من زۆر سوپاسگوزاری گەنگەشە بەسوودەکانی بەشداربوانی کۆنفرانسی سالانەی شانیشینی یەکگرتووم لەسەر بنچینەکانی فیزیا، بەتایبەتی **ئیوان سکرین**، کە ساڵی ١٩٩٦ کۆچی دوایی کرد و کۆمەڵەی فیزیای بنچینەیی یەکێک لە زیهنە بەبڕشت و ڕەخنەییەکان و ئێمەش هاوڕێیەکی باشمان لەدەست دا. لە قۆناغی چاککردندا ڕەخنە بونیادنەرە بەبڕشتەکانی **سوزان پارکینسۆن** بە شێوەیەکی بەرچاو نووسراوەکەی پێش خست. هەڵبەت هەڵە بەجێماوەکان بە تەواوەتی لە ئەستۆی مندایە.

٢٠٠٤

بەشی یەکەم
فیزیای کوانتەم

ئالبێرت ئاینشتایین دەیگوت "خودا زار هەڵنادات"؛ داهێنەری تیۆری ڕێژەیی، بەم وتە ناسراوە نەیویستووە خووەکانی خودا بۆ سەرگەرمکردنی خۆی شی بکاتەوە، بەڵکو دەیویست کاردانەوەی خۆی بۆ ئەو ئایدیا نوێیە زانستییانە پیشان بدات، کە لە سەرەتای سەدەی بیستدا دەرکەوت و ئێستا ئێمە پێی دەڵێن فیزیای کوانتەم.
پێش ئەوەی هۆکاری پشت ئەم وتەیەی یەکێک لە گەورەترین زاناکانی سەردەمی نوێ بۆمان ڕوون ببێتەوە، سەرەتا دەبێت هەوڵ بدەین کە لە بیرکردنەوە باوە زانستی و فەلسەفییەکانی کۆتایی سەدەی نۆزدە تێبگەین؛ لەم فیزیا نوێیەدا چی شتێک هەبوو کە تەنگەژەی بۆ ژیریی باو دروست دەکرد؟
سەردەمی نوێی زانستی لە سەدەی سازدەوە دەستی پێ کرد، واتە ئەو کاتەی **نیکۆلاس کۆپەرنیکۆس** پێشنیازی کرد جووڵەی ئەستێرەکان و هەسارەکان دەکرێت بە شێوەیەکی تریش شرۆڤە بکرێت، ئەویش ئەوەیە لەجیاتی زەوی بە ناوەندی کۆمەڵەی خۆر دابنێین، خۆر بکەین بە ناوەند. ئەو دژایەتییەی لە سەرەتاوە دژ بەم بیرۆکەیە پەیدا بوو، نەیتوانی پێش بەو شۆڕشە هزرییە بگرێت کە تا

ئێستاش درێژەی هەیە. لەو کاتە بەدواوە تەحەجوری ئایینی یان فەلسەفی جێگەی خۆی داوە بە بینین و تاقیکردنەوە.
ئایدیاکانی **کۆپەرنیکۆس**، لە لایەن **کیپلەر** و **گالیلۆ**وە و لە کۆتایی سەدەی حەڤدە بە شێوەیەکی بەرچاو لە لایەن **ئیسحاق نیوتن**ەوە پەرەی پێ درا. **نیوتن** پیشانی دا کە دەستکەوتە زانستییەکانی ئەو کاتە لە ژێر فەرمانڕەوایی دوو یاسادان: یەکەم، یاسای جووڵە، کە بەپێی ئەوان تاودانی تەنێکی بەجووڵە، یەکسانە بەو هێزەی کار دەکاتە سەری دابەش لەسەر بارستاییەکەی. دووەم، یاسای کێشکردن، کە بەپێی ئەو هەر کام لە تەنەنەکانی سیستەمێکی دووتەنیی ئەوی تر بە هێزێکی کێشکردن ڕادەکیشێت، کە ڕاستەوخۆ گرێ دراوە بە کەڕەتکردنی دوو بارستاییەکە و بە شێوەی پێچەوانە گرێ دراوە بە دووجای مەودای دووریی دوو تەنەکە لە یەکترییەوە.
بۆ یەکەم جار یاسای کێشکردن لە شێوەی هێندەکی هاتە کایەوە و بۆ دەستخستنی وردەکاریی ئەنجامەکانی جووڵەی سیستەمە فیزیاییەکان ماتماتیک بەکار هێنرا. **نیوتن** نە تەنیا توانی بەم ڕێگە پیشانی بدات کە جووڵەی مانگ و هەسارەکان لە یاساکانی ئەوەوە دێن، بەڵکو توانیشی شێوازی هەڵکشان و داکشان و ڕەفتاری کلکدارەکان شرۆڤە بکات.
ئەم ڕێگە عەینییە ماتماتکییە بۆ دیاردە سروشتییەکانی تر، لە ژمارەیەک بواری زانستیی تردا درێژەی کێشا و بە زەقی لە کارەکەی **جیمز کلارک ماکسوێڵ**دا لە سەدەی نۆزدە دەرکەوت. **ماکسوێڵ** پیشانی دا هەموو ئەو زانیارییانەی کە تا ئەو سەردەمە لەسەر کارەبا و موگناتیس لە بەردەستدا بوو، دەکرێت لە چوار هاوکێشەدا یەک بخرێت (ئەم هاوکێشانە دوای ئەوە بە هاوکێشەکانی ماکسوێڵ ناسران). لە لایەکی ترەوە، لە وەڵامەکانی ئەو هاوکێشانەدا شەپۆلە ئاوێتەکانی کارەبایی و موگناتیسی بە خێرایی ڕووناکی لە فەزادا بڵاو دەبنەوە. بەم شێوە زۆر نزیک بوونەوە لەو ڕاستییەی کە ڕووناکی

شـەپۆلی کارۆموگناتیسـییە و جیـاوازییەکەی لەگەڵ شـەپۆلەکانی تـر (وەک شـەپۆلە ڕادیۆییەکـان و شـەپۆلەکانی ژێـر سـوور و تـا دوایـی) تەنیـا لە کورتبـوونی درێژەشـەپۆل و بەرزبـوونی لەرەلەرەکەیدایە. لە کۆتـایی سـەدەی نۆزدەدا وایـان دەزانـی کە پرەنسـیپە بنچینەییەکـانی فەرمانڕەوا لەسەر ڕەفتاری گەردوونیی فیزیـایی(Physical Universe) بە تەواوەتـی ناسـراوە: هەمـوو شـتێک ملکەچـی میکـانیکیی نیـوتنی و کارۆموگناتیسیی **ماکسوێل**ە.

دەلالەتە فەلسـەفییەکانی ئەم پەرەسـەندنە لە بیرکـردنەوەدا، بـوو بە شـیاوی تێگەیشـتن و دەرکەوت ئەگەر هەمـوو شـتێک لە گەردوونـدا تەنیا ملکەچی یاسـاکانی فیزیـا بێت، دەکرێت ڕەفتـاری داهـاتووی هەر سیسـتەمێکی فیزیـایی و تەنـاتەت لە پرەنسـیپدا خـودی گەردوونـیش، بەپێـی بـارۆدۆخی ئێسـتا و ناسـینی ئەم یاسـایانە پێشـبینی بکرێـت. هەڵـبەت هەژمـارکردنی وردی ڕەفتـاری ئایینـدەی سیسـتەمە ئـاڵۆزە فیزیاییەکان بە کردەوە، نامومکینە (بۆ نموونە پێشبینیی کەشوهەوای *بەریتانیا* بۆ ماوەی چەند ڕۆژ زیاتر کـارێکی گرانە). بەلام پرەنسیپی دترمینسـم (جەبرگەرایـی/Determinism) کە بەپێـی ئەو دەکرێـت ڕەفتـاری ئاییـندەی گەردوون بە هـۆی یاسـاکانی فیزیـا بە شـێوەی دڵنیـاکەر دیـاری بکرێـت، لە ڕاسـتیدا لە ئەنجـامی ئەو شـێوە لە بیرکردنەوە هاتە ئاراوە، کە **نیوتن** دەستپێشـخەری بوو. بە وتەی زانـا و فەیلەسووفی فەڕەنسیی سەدەی نۆزدە، **پیەر سیمون دۆ لاپلاس**، "دۆخـی ئێسـتای گەردوونـی، ئەنجـامی ڕابـردوو و هـۆی داهاتووەکەیەتی".

لە کۆتـایی سـەدەی نـۆزدە، لەگەڵ ئەوەی ژمـارەیەکی زۆر لە دیاردەکـان هێشـتا بە تەواوەتـی نەناسـرا بـوون، زۆرتریـنی زاناکـان بڕوایـان بەوە نەبـوو یاسـای بنچینەیـی سروشـتیی تـر بـدۆزرێتەوە، بڕوایان وا بوو کە گەردوونی فیزیـایی ملکەچی یاسـا جەبرییەکانە. بە هەرحـاڵ، لە مـاوەی سـی سـاڵدا شۆڕشـێکی گەورە ڕووی دا و هەر

دوو دیدگا کۆنەکەی لە بنچینەوە بەت ەواوەتی هەڵتەکاند. ئەم شێوازە نوێیە، کە ناوی فیزیای کوانتەمیی لێ نرا، سەرچاوەکەی لە لێکۆڵینەوە لەسەر تیشکە کارومۆگناتیسییەکان بوو، گۆڕانکارییە بنچینەییەکانی ئەم تیۆرییە لە ئایدیاکان و بیرکردنەوە فەلسەفییەکاندا بوو، **ئاینشتایین**ی ناچار کرد، وتە بەناوبانگەکەی بڵێت و هەر ئەوەش بابەتی ئەم کتێبەیە. وەک دەبینین فیزیای کوانتەم، جەبرگەرایی، بەتایبەتی بەو جۆرە سادەی **لاپلاس** دەری بڕیوە، پووچ دەکاتەوە و بە ناچاری دێتە ناو بابەتێکەوە، کە لەودا دۆخی ئێستای گەردوون ناکرێت بە سادەیی ئەنجامی کاریگەری (Effect)ی ڕابردوو و هۆ (Cause)ی داهاتوو بێت.

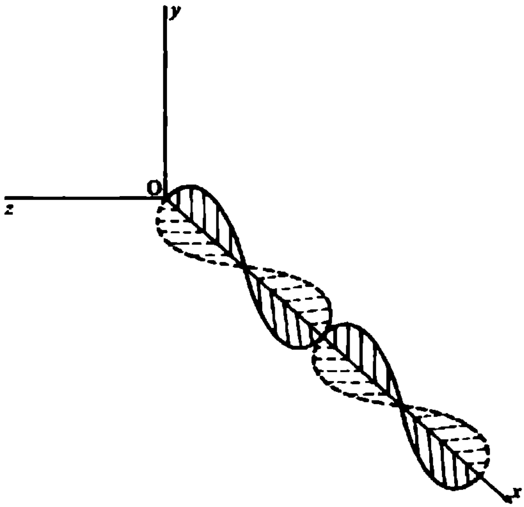
هەندێک لە دەلالەتەکانی فیزیای کوانتەمی تەنانەت لەمەش توندڕەوانەترە؛ بە شێوەی باو یەکێک لە ئەنجامەکانی فیزیا، بوونناسییە (Ontology)، کە بە واتای شرۆڤەی هەقیقەتی-فیزیاییە - ئەو شتانەی لە ڕاستیدا هەن. بوونناسییەکی کلاسیکی بەندە لەسەر چەمکی تەنۆلکەکان، هێزەکان و بوارەکان و کارلێکی نێوانیان بەپێی یاسا ناسراوەکان. بە پێچەوانەوە، لە شرۆڤەیەکی ستاندەری فیزیای کوانتەمی مومکین نییە وەها بوونناسییەکی گونجاو ئامادە بکرێت. بۆ نموونە تیۆری کوانتەمی پێمان دەڵێت کرداری پێوان یان بینینی تەنێک، زۆربەی جار بە تەواوەتی دۆخەکەی دەگۆڕدرێت، واتە تایبەتمەندییە مومکینەکانی تەنێک لەوانەیە بەند بێت لەسەر ئەوەی چی دەپێورێت. لە ئەنجامدا پارامیتەرەکانی شرۆڤەی سیستەمێکی فیزیایی (وەک شوێن، خێرایی و تەنۆلکەی بەجووڵە) زۆر جار وەک شیاوبین (Observable) شرۆڤە دەکرێن، بۆ جەختکردنەوەیە لەو ڕاستییەی گەیشتن بە هەقیقەت لە ڕێگەی پێوان و بینینەوەیە. لە ڕاستیدا ئەم بابەتە بە ڕادەیەک گرنگە، کە هەندێک کەس هاتوونەتە سەر ئەو بڕوایەی کە هەقیقەت تەنیا بیرکردنەوەی چاودێرە و هەموو شتێک، تەنانەت گەردوونی فیزیاییش تەنیا وەهمە. ژمارەیەک خەڵکی

تر دەڵێن، جیهانی کوانتەمی بەڵگەیە لەسەر ئەوەی گەردوونی ئێمە تاکە گەردوونی فیزیایی نییە، هەروەها ئەگەر بوونی گەردوونەکانی تر بپەژرێنین دەکرێت بگەینەوە بە جۆرێک لە جەبرگەرایی. هەندێک خەڵکی تر لەسەر ئەو بڕوایەن سەرەڕای سەرکەوتنە دیارەکانی فیزیای کوانتەمی، ئەمە تیۆری تەواو و کۆتایی گەردوونی فیزیایی نییە و شۆڕشێکی هزریی تر پێویستە. ئامانجی ئەم کتێبە شرۆڤەی ئەم جۆرە بیرکردنەوانە و ئایدیاکانی تر و گەڕانە لە ناو ئەنجامەکانیاندا. بەڵام پێش ئەنجامدانی ئەم کارە، دەبێت سەرەتا بزانین تیۆری کوانتەمی چییە؟ هەر بۆیە لەم بەشەدا سەرەتا هەندێک بەڵگە باس دەکەین، کە بۆچی پێویستیمان بە تیۆری کوانتەمە و ئایدیا سەرەکییەکانی تیۆرییەکە شی دەکەینەوە، هەندێک لە سەرکەوتنەکانی شرۆڤە دەکەین و سەرئەنجام هەندێک لە پرسە واتاییەکان دەخەینە بەرباس.

شەپۆلەکانی ڕووناکی

ژمارەیەکی زۆر لە بەڵگە پێویستەکان بۆ دەرکەوتنی تێڕوانینە نوێیەکان لە فیزیادا، لە لێکۆڵینەوە لەسەر هەندێک لە تایبەتمەندییەکانی ڕووناکی پەیدا بوون. پێش ئەوەی قسە لەسەر ئایدیا نوێیەکان بکەین، پێویستە زیاتر لەسەر تیۆری شەپۆلی ڕووناکیی **ماکسوێل** بکەین، کە پێشتر ئاماژەمان پێ دا. **ماکسوێل** پیشانی دا بوارێکی کارەبایی هێز دەخاتە سەر بارگەیەک کە گری دراوە بە قەبارەی بارگەکەوە. بوارێکی موگناتیسییش هێزێک دەخاتە سەر بارگە، بەڵام تەنیا کاتێک بارگەکە بجووڵێت، ئەم هێزە گرێ دراوە بە هەردووی قەبارە و خێرایی بارگەکەوە، کە لە هەموو خاڵێکی گورزەیەکی تەنکی ڕووناکیدا، هێزێکی کارەبایی و هێزێکی موگناتیسی بوونی هەیە، کە ستوونن لەسەر یەکتر و لەسەر ئاڕاستەی بڵاوبوونەوەی ڕووناکییەکە.

ئەم هێزانە (یان ئەم بوارانە، کە چەمکێکی ڕاستترە) چەندین ملیۆن جار لە چرکەدا لەرەلەر دەکەن و هەر وەک لە وێنەی ١:١ دەبینرێت، لە ئاڕاستەی گوررزە ڕووناکییەکەدا بەردەوام دەگۆڕێت. ژمارەی سیکڵەکانی ڕۆیشتن و گەڕانەوە (Oscillation) لە چرکەدا لە شەپۆلێکی کارۆموگناتیسیدا پێی دەگوترێت لەرەلەر (Frequency) (زۆربەی جار بە f پیشان دەدرێت)، مەودای نێوان دوو بەرزیی دراوسێ لە هەر شوێنێکدا پێی دەگوترێت درێژەشەپۆل($Wavelength-\lambda$). لێرەوە دەگەین بەو ئەنجامەی خێرایی شەپۆلی بریتی دەبێت لە $c= f\lambda$.

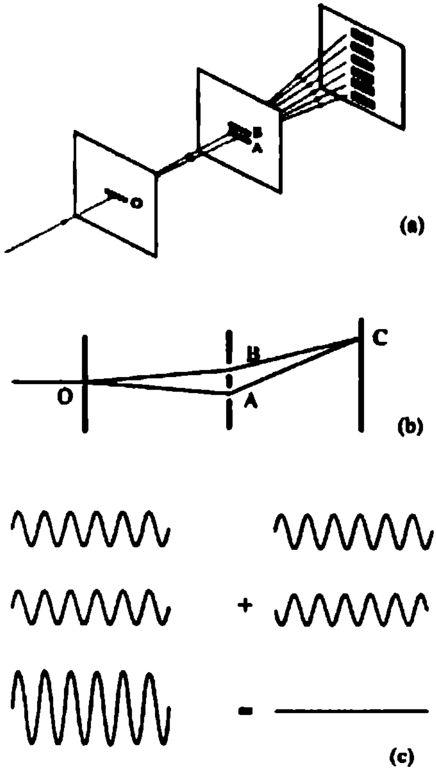


وێنەی ١:١: شەپۆلە کارۆموگناتیسییەکان کە لە ئاڕاستەی Oxدا بڵاو دەبێتەوە، هەڵگری بوارەکانی کارەبایی و موگناتیسییە، کە بە خێرایی دەلەرنەوە و بە ڕیز لە ئاڕاستەکانی Oz و Oyدان.

بەپێی پرەنسیپ دەکرێت بوونی بواری کارەبایی بە پێوانی جیاوازیی پەستانی کارەبایی نێوان دوو خاڵ لەسەر گوررزەکە پیشان بدرێت. بەڵام سەبارەت بە ڕووناکیی ئاسایی لە کردەوەدا، بە هۆی بەرزبوونی

لەرەلەرەوە بەڕاستەوخۆیی مومکین نییە، بۆ نموونە 10^{14} لەرەلەرە لە چرکەیەکدا. بەڵام پێوانی هاوشێوە لەسەر شەپۆلە ڕادیۆییەکان (شەپۆلی کارۆموگناتیسی بە لەرەلەری 10^{6} لەرەلەر لە چرکەدا) کە دەگات بە ئالێری ئامێری ڕادیۆ یان تەلەفزیۆن، ئەنجام دراوە.
بەڵگەی ڕاستەوخۆ لەسەر بوونی سروشتی شەپۆلی بۆ ڕووناکی لە دیاردەی بەیەکداچوون (Interference)دا دەردەکەوێت. تاقیکردنەوەی بەیەکداچوون لە وێنەی ١:٢ (a) شی کراوەتەوە. ڕووناکی لە کەلەبەری تەسکی oوە تێپەڕ دەبێت و دەکەوێت لەسەر پەردەیەک کە دوو کەلەبەری B و Aی تێدایە و سەرئەنجام لەسەر پەردەی سێیەم دەبینرێت. ئەو ڕووناکییەی دەگات بە پەردەیی کۆتایی، یەکێک لە دوو ڕێچکەی A یان Bی بڕیوە. بەڵام ڕێچکە براوەکان لەگەڵ یەکتریدا یەکسان نین و شەپۆلەکانی ڕووناکی پێکەوە ناگەن بە خاڵی C (وێنەی١:٢ (b)). جیاوازیی نێوان دوو ڕێچکەکە لەسەر پەرەدەکە دەگۆڕێت، لە ناوەڕاستدا ئەم جیاوازییە سفرە. ئەمە لە وێنەی ١:٢(c) دا ڕوون کراوەتەوە، دەبینین ئەگەر جیاوازیی ئەم دووە کەڕەتێکی تاک (١،٢،٣،٥...) لە نیوەی درێژەشەپۆل بێت، یەکتری دەسڕنەوە و لە نێوانیان خاڵە نیمچە تاریکان خاڵە ڕووناکەکانیش لەسەر پەردەکە دەردەکەون، بەم شێوەیە زنجیرەیەک هێڵی تاریک و ڕوون لەسەر پەردەکە دەکرێت ببینرێت، وەک چون لە وێنەی ١:٢ (a) دەبینرێت.
بینینی کاریگەرییەکە لە شێوەی هێڵەکانی بەیەکداچوون (Interference Fringes)، سروشتی شەپۆلی ڕووناکی پشتڕاست دەکاتەوە. سەرەڕای ئەوە بە پێوانی ئەم هێڵانە و بەکارهێنانی شێوازی ڕاستەوخۆ و سادە، درێژەشەپۆلی ڕووناکییەکە دیاری بکرێت و لەو ڕێگەوە پیشان بدرێت، کە درێژەشەپۆل بۆ ڕەنگە جیاوازەکانی پەلکەزێرینە لەگەڵ یەکتریدا جیاوازە، ڕووناکیی بنەوش کورتترین (نزیکەی ٤,٠ میلۆنمی کیلۆمەتر) و ڕووناکیی سوور درێژترین درێژەشەپۆل (نزیکەی ٧,٠ میلیۆنمی مەتر)ی هەیە.

یەکێکـی تـر لە تایبەتمەنـدییەکانی ڕوونـاکی کە تـا ڕادەیەک گـرنگە، توندییەکەیەتی(Intensity)، بە زمـانێکی سـادە بریتییە لەوەی ئێمە پێی دەڵێـین درەوشـاوەیی (Brightness). بە زمـانێکی زۆرتـر تەکنیکـی، بریتییە لە بڕی وزەی هەڵگیراو لەل ایەن شەپۆلەکەوە. دەکرێت پیشان بـدرێت کە تونـدی گـری دراوە بە دووجـای فراوانیـی (Amplitude) شـەپۆلی کارەبـاییەوە و دەکرێـت ئـێمە ئەم ئەنجـامە لە باسـەکەی ژێرەوەدا بەکار بهێنین.



وێـــنەی ۱:۲: (a) شـــێوازی بەیەکـــداچوونی دوو کەلەبەری (b) شـەپۆلەکانی ڕوونـاکی، دوای ئەوەی لە هەردوو کەلەبەری A و B وە تێـپەڕین دەگەن بە خـاڵی C لەسـەر پەردەکە. جیـاوازی لە مەودای

گەشـتەکەدا یەکسـانە بە AC-BC لە (c)دا دەبینرێـت کە ئەگەر ئەم جیـاوازیی ڕێچکەیە یەکسـان بێت بە ژمـارەیەکی دروسـت کەرەتـی درێژەشەپۆل شەپۆلەکان لەگەڵ یەکتری کۆ دەبنەوە و یەکتری بەهێز دەکەن، بەڵام ئەگەر جیـــاوازییەکە بریتـــی بێـــت لە کەرەتکردنـــی ژمـارەیەکی تـاک لە نیـوەی درێژەشـەپۆلدا یەکتـری دەسـڕنەوە. لە ئەنجامـدا کۆمەڵێـک لە هـێڵە تاریـک و ڕوونەکـان لەسـەر پەردەکە دروست دەبێت وەک چۆن لە وێنەی (a)دا پیشان دراوە.

یەکێک لە یەکەمین تاقیکردنەوەکان کە نـاتەواویی فیزیـای کلاسیکی لە سەدەی نۆزدەدا پیشانی داین، کـاریگەریی کارۆڕوونـاکی بـوو. لەمەدا ڕوونـاکی ڕاسـتەوخۆ دەکەوێت لە پـارچەیەک کـانزا لە بۆشـاییدا و لە ئەنجامـدا تەنـۆلکە نـیمچە ئەتـۆمییە بارگاوییەکـان، کە ناسـراون بە ئەلیکتـــرۆن، لە کـــانزاکە دەردەپـــڕنە دەرەوە و بە هـــۆی پلێتێکـــی کـۆکەرەوە و بەکارهێنـانی ڤـۆڵتییەک دەکرێـت هەسـتیان پـێ بکرێـت. ئەنجـامە سـەرسـوڕهێنەرەکەی ئەم لێکـۆڵینەوە بـریتییە لەوەی وزەی دانەدانەی ئەلیکتـرۆنە دەرچووەکـان بەنـد نیـیە لەسـەر ڕۆشـنایی (Brightness) ڕوونـاکییەکە، بەڵکـو تەنیـا بەنـدە لەسـەر لەرەلەر یـان درێژەشـەپۆلەکەی. ئـێمە لە سـەرەوە باسـمان کـرد کە تونـدی یـان ڕوشـنایی ڕوونـاکییەکە پەیوەنـدیی بە بـڕی وزەکەیەوە هەیە، ئەم وزەیە دەگوازرێتەوە بۆ ئەلیکترۆنەکان، هەر بۆیە ڕوونـاکی ڕۆشـنتر، واتای وزەی زۆرتر و زیاتربوونی ئەلیکترۆن دەگەیێنێت. دەکرێت ئێمە ئەمە بە سـێ ڕێـگە وێنـا بکەیـن، کە لەوانـدا لەوانەیە ئەمە ڕوو بـدات: هەمـوو ئەلیکترۆنێک وزەیەکی زیـاتری بەردەکەوێت یـان ئەلیکترۆنـی زیـاتر دەردەپەڕێت، یـان هەردووکیـان. لە ڕاسـتیدا ئەوەی ڕوو دەدات دووەمە: بۆ ڕوونـاکی بە درێژەشـەپۆلێکی دیـاریکراوەوە، ژمـارەی ئەو ئەلیکترۆنـانەی لە چـرکەدا دەردەپەڕن لەگەڵ تونـدتربوونی ڕووناکیـدا زیاد دەبێت، بەڵام بڕی وزە بۆ هەر کـام لە ئەلیکترۆنەکـان یەکسـان و

نەگـۆڕە. بە هەرحـاڵ بەتـين بێـت يـان لاواز، ڕوونـاكيی وزەی بەكارهاتوو بۆ هەر ئەليكترۆنێكی دەرپەڕيو يەكسانە بە hf. لێرەدا f بريتييە لە لەرەلەری شەپۆلە ڕووناكييەكە و h بريتييە لە نەگۆڕێكی گەردوونی لە فيزيای كوانتەمدا، كە ناسراوە بە نەگۆڕی پلانك.
ئەو ڕاستييەی كە ئەليكترۆن وزە بە شێوەی نابەردەوام و پچڕپچڕ وەردەگرێت و ئەمەش بە تەنيا دەكرێت لە گورزەی ڕووناكييەوە بێت، **ئاينشتايين**ی (هەمان زانا كە ڕۆڵی هەبوو لە پەرەپێدانی تيۆريی ڕێژەييدا) گەياند بەو ئەنجامەی، كە وزەی گورزەيەك بە شێوەی بوخچەيە (Packet)، كە ناسراون بە كوانتا (Quanta) (كوانتا كۆی كوانتەمە) يان فۆتۆنەكان (Photon). بڕی hf زۆر بچووكە، هەر بۆيە ڕووناكی بە تونديی ئاساييەوە، ژمارەی بوخچەكانی لە چركەيەكدا زۆر گەورەيە و وەها گورزەيەكی ڕووناكی ناكرێت جياواز بێت لە شەپۆلێكی بەردەوام. بۆ نموونە، 10^{12} يەك مليۆن فۆتۆن لە چركەيەكدا لە ڕووبەرێكەوە بە قەبارەی ئەم لاپەڕەيەوە لە ژوورێكی بە شێوەی ئاسايی ڕووناك تێدەپەڕێت. تەنيا بارودۆخی تاقيكردنەوەی زۆر تايبەت، وەك كاريگەريی كارۆڕووناكييە كە هەلی ئەوە دەڕەخسێنێت سروشتی فۆتۆنی ڕووناكی ببينرێت.
تاقيكردنەوەی زياتر لەسەر كاريگەريی كارۆموگناتيسيی هەندێك لە تايبەتمەندييەكانی فۆتۆن دەردەخات، كاتێك وەها تاقيكردنەوەيەك بە ڕووناكيی زۆر لاواز ئەنجام دەدرێت، هەندێك لە ئەليكترۆنەكان زۆر زوو، ڕێـك دوای داگيرسـاندنی ڕوونـاكييەكە دەردەپەڕن، بەڵام لە پێشـدا وزەی پێويسـت دەكرێـت بە هـۆی شـەپۆلە ڕوونـاكييەكی بەردەوامەوە بـۆ هەر ئەتـۆمێكی تـايبەت فەراهەم بكرێـت. وێنـای شەپۆلی زەرەيايەك بكە، كە دەكەوێت لە كەنارێك، هەموو دانەيەكی لـم دەكەوێـتە ژێـر كـاريگەرييەوە، بەڵام شـەپۆلەوزە لە نێوانيـانی هەموويياندا دابەش دەبێت. ئەنجامێك كە لەمەوە بەدەست دێت، بريتييە لەوەی فۆتۆنەكانی وزە دەبێت لە قەبارەی زۆر بچووكدا بگوازرێنەوە،

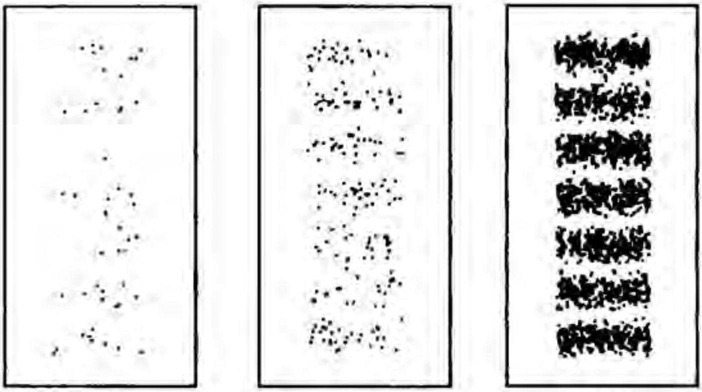
تەنــانەت ئەگەر نرخــی تێکــڕای فۆتــۆنە گەیشــتووەکان نــزم بێــت، چانسێکی ژیرانە لەئارادایە بۆ ئەوەی یەکێک لەوان وزەکەی بدات بە ئەلیکترۆنێکی سەرەتایی لە پرۆسەکەدا. بەم شێوەیە هەست دەکرێت فۆتۆن وەک تەنۆلکەیەکی بچووک ڕەفتار بکات. کاری زیاتر ئەمەی پشتڕاســت کــردووەتەوە: بــۆ نمــوونە، فۆتۆنەکــان لەوە دەچێــت لە بەرکەوتن لەگەڵ ئەلیکترۆنەکان و تەنۆلکەکانی تر بە شێوەیەک بڵاو ببــنەوە وزە و تەوژم بپــارێزن و بە شــێوەیەک ڕەفتــار دەکەن لە تەنۆلکە زیاتر دەچن تا وەک لە شەپۆل.

بە سەرنجدان بە جۆری بینینەکەمان، ئێمە دوو مۆدێلمان بۆ شرۆڤەی سروشـتی ڕوونـاکی هەیە: ئەگەر ئـێمە تـاقیکردنەوەی بەیەکـداچوون ئەنجام بدەین، کە وا بوو ڕووناکی وەک شەپۆل ڕەفتار دەکات، بەڵام ئەگەر تــاقیکردنەوەی کــاریگەریی کارۆڕوونــاکی ئەنجــام بــدەین، ڕەفتـاری ڕوونـاکی وەک ڕەفتـاری لێشـاوێک لە تەنـۆلکە دەبێت. ئایـا دەکرێت ئەم دوو مۆدێلە پێکەوە بگونجێنین؟

یەکێک لە ڕێگەکانی گونجـان بریتییە لەوەی ئێمە وای دابنێین بە هەڵە بیرمان کردووەتەوە و ڕووناکیی شەپۆلە. لەوانە بوو باشتر بێت ئێمە هەمیشــە وەک لێشــاوێک لە تەنــۆلکە، بە تایبەتمەنــدیی نائاســاییەوە لەبەرچاوی بگرین، کە دەبێت بە هۆی دیاردەی بەیەکداچوون و ئێمە هەڵەیــن ئەگەر بە ڕێــگەی مــۆدێلی شــەپۆلی بەردەوام لەبەرچــاوی بگرین. ئەمە دەکرێت واتای ئەوە بێت کە ئەو فۆتۆنانەی لە ئامێرەکەی وێنەی ١:٢ تێپەڕ دەبن، دەبێت بە شێوەیەک بکەون لە یەکتـری یـان کارلێـک لەگەڵ یەکتریـدا بـکەن. واتە زۆربەی فۆتۆنەکـان بەرەو هـێڵە ڕوونەکان دەچن و ژمارەیەکی کەمیـان دەچـنە نـاوچە تاریکەکان. ئەم پێشـنیازە زیرەکـانەیە و بـۆ ژمـارەیەکی زۆر بەیەکـداچوون بە هـۆی ئەوەی ژمارەیەکی زۆر فۆتۆن لە ئامێرەکەوە تێپەڕ دەبێت و کـارلێکی نێوانیــان دەکرێــت ڕوو بــدات، لــۆجیکییە. بەڵام ئەگەر بمانەوێــت تاقیکردنەوەکە بە ڕووناکیی زۆر لاواز ئەنجام بدەین بە شێوەیەک لە

هەر ساتێکدا تەنیا یەک فۆتۆن لە نێوان کەلەبەری یەکەم و دووەمدا هەبێت، کارلێکی نێوان فۆتۆنەکان ناەومکینە، هەر بۆیە دەبێت بیپەژرێنین و شێوازێکی بەیەکداچوونەکە نەمێنێت. ئەنجامدانی ئەم تاقیکردنەوەیە هەرچەندە بڕێک گرانە، بەڵام کردەییە. دوایین پەردە دەبێت بکرێت بە پلێتێکی وێنەگری و ئامێرەکە بە وردی زۆرەوە لە ڕووناکیی تر بپارێزرێت. ئەگەر ئەم کارە بکەین و بە ڕادەی پێویست چاوەڕێ بکەین تا ژمارەیەکی زۆر فۆتۆن لە یەکێکیانەوە تێبپەڕێت، شێوازی بەیەکداچوون لەسەر پلێتە فۆتۆگرافییەکە ڕێک وەک چۆن پێشتر هەبوو، دروست دەبێت.

دەتوانین لەوەش زیاتر بچینە پێشەوە و تاقیکردنەوەکە چەندین جار بە ڕووناکیی جۆربەجۆر دووبارە بکرێتەوە. ئەنجامی ئەم تاقیکردنەوە لە وێنەی ۱:۳دا پیشان دراوە، کە دەکرێت بە سەرنجدان لە خاڵە جیاوازەکانی سەر فیلمە فۆتۆگرافییەکە، سروشتی فۆتۆنی ڕووناکی پشتڕاست بکرێتەوە.



50 200 2000

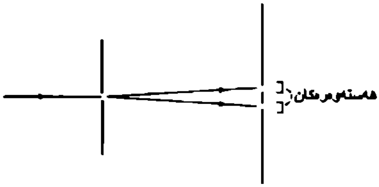
وێنەی ۱:۳: سێ پانێلی دووبارە دروستکردنەوەی کۆمپیوتەری، ئەنجامی تاقیکردنەوەی شێوازی بەیەکداچوونی دوو کەلەبەری دوای

بەرکەوتنــی ٥٠، ٢٠٠ و ٢٠٠٠ فۆتــۆنی کەوتــوو لە پەرەدەکە پیشــان دەدات. هەرچەنــدە ئەم فۆتۆنــانە دانەدانە لە ئــامێرەکەوە تێپەڕیــون، بەڵام شــێوازی ڕوون دوای تێپەڕبــوونی ژمــارەیەکی زۆر فۆتــۆن دەردەکەوێت.

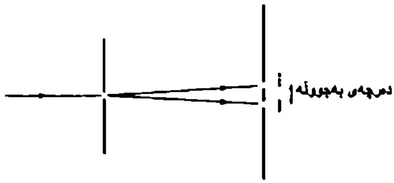
لە کــاتە کورتەکــانی ڕووناکیپێدانــدا وا دەردەکەوێــت، ئەم خــاڵانە بە شــێوەی تــا ڕادەیەک هەڕەمەکــی بــڵاو بــوونەوەتەوە، بەڵام ئەگەر ژمارەی فۆتۆنە گەیشتووەکان زیاتر ببێت، شێوازەکە ڕوونتر دەبێت. هەر بـۆیە ناچـار دەبـین بیپەژرێـنن، بەیەکـداچوون بە هـۆی کـارلێکی فۆتۆنەکـــانەوە نیـــیە. لە ڕاســـتیدا یەکســـانبوونی شـــێوازەکانی بەیەکداچوون، کە ڕووناکیی لاواز لە کاتی ڕووناکیپێدانی درێژمەودادا دروســتی دەکــات، لەگەڵ شــێوازی بەیەکــداچوونی هەمــان ژمــارەی فۆتـۆن لە کـاتێکی کورتـدا پیشـان دەدات لە نێـوان فۆتۆنەکانـدا هـیچ کارلێکێک نییە.

ئەگەر بەیەکداچوون لە ئەنجامی کارلێکی نێوان فۆتۆنەکاندا نییە، ئایا دەکرێت فۆتۆن لە کاتی تێپەڕبوون لە دوو کەلەبەرەکەوە دابەش ببێت بە دوو بەش؟ ئەم وتەیە دەکرێت بە دانـانی پلێتێکی فۆتـۆگرافی، یـان جۆرێــک هەســتەوەری فۆتــۆنی لە پشــتی هەر کەلەبەرێکــدا تــاقی بکرێتەوە. بەم ڕێگە دەکرێت بگوترێت ئایا فۆتـۆن لە کام کەلەبەرەوە تێپەڕیوە و ئایا بووە بە دوو کەرتەوە یان تەماشای وێنەی ١:٤ بکە. بەڵام ئەگەر ئەم کارە ئەنجام بدەین، دەبینین کە فۆتۆنەکان لە یەکێک لە دوو کەلەبەرەکەوە تێــپەڕ دەبــن و هــیچ ئاماژەیەکمــان بــۆ دابەشبوونی فۆتۆن دەست ناکەوێت. تـاقیکردنەوەیەکی تر لەسـەر ئەم وتەیە لە وێنەی ١:٤ (b) شی کراوەتەوە. ئەگەر دەرچەیەکی بەجووڵە لە پشــتی دوو کەلەبەرەکەدا دابنرێــت و بە شــێوەی ســەر و خــوار هـاتوچۆ بکـات، شێوازی بەیەکـداچوون دروسـت نابێت. ئەگەر هەوڵ بـدەین بە تــاقیکردنەوەیەک، هەرچەنــدە زۆر هەســتیار، بـزانین کـام

فۆتـۆن لە کـام کەلەبەرەوە تێپەڕ دەبێـت، هەمـان شـت ڕوو دەداتەوە. لەوە دەچێت ئەگەر تاقیکردنەوەیەک دروسـت بکەیـن، کە دیـاری بکـات فۆتۆنەکان لە کام کەلەبەرەوە تێپەڕیون، دەبینین ڕووناکی بە شێوەی فۆتـــۆن لە یەکێـــک لە دوو کەلەبەرەکەوە تێپەڕیــــوە، بەڵام ئەگەر تاقیکردنەوەي بەیەکداچوون دابمەزرێنین، ڕووناکی لە شێوەی شەپۆل لە هەردوو کەلەبەرەکەوە تێپەڕ دەبێت.



(a)



(b)

وێنەی ٤:١: ئەگەر وەک (a) دوو هەستەوەری فۆتـۆنی لە پشـت دوو کەلەبەرەکەدا دابنێـین، هەر کـام لە فۆتۆنەکـان لە کـاتی تێپەڕبـوون لە هەر کـــام لە کەلەبەرەکـــانەوە، نەک بە شـــێوەی هاوکـــات لە هەردوو کەلەبەرەکەوە تۆمـار دەکـرێن. ئەگەر وەک (b) بەربەسـتێک لە پشـت دوو کەلەبەرەکەوە جۆرێـــک ســـەر و خـــوار بکـــات، کە هەر دوو کەلەبەرەکە هاوکات کراوە نەبن، شێوازی بەیەکداچوون نامێنێت.

ئەو ڕاســتییەی کە پرۆســەگەلێکی وەک بەیەکـداچوونی دوو کەلەبەر پیشان دەدات کە ڕووناکی دەبێت هەر دوو تایبەتمەندیی تەنۆلکەیی و شەپۆلی هەبێت، پێی دەڵێن دوو سروشتی شـەپۆل-تەنۆلکە (Wave-

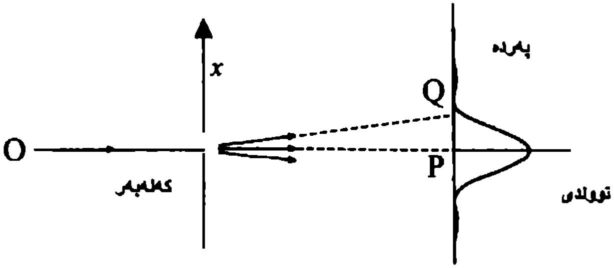
(Particle Duality). ئەمە تایبەتمەندییەکی گشتیی فیزیای کوانتەمییە و بەپێی جۆری ئەو مۆدێلەی کە بۆ شرۆڤەی سیستەمێک پێویستە، پەیوەندیی بە تایبەتمەندیی ئەو ئامێرەوە هەیە، کە کارلێکی لەگەڵ دەکات: ڕووناکی کاتێک لە یەکێک لە دوو کەلەبەرەکەوە تێپەڕ دەبێت شەپۆلە، بەڵام کاتێک دەگات بە هەستەوەرێک یان فیلمێکی فۆتۆگرافی، بریتییە لە فۆتۆنەکان. هەر ئەم پەیوەندییەی تایبەتمەندیی سیستەمی کوانتەمی بە سروشتی پێوانەوە، لە پشتی پرسە واتاییی و فەلسەفییەکاندایە و ئامانجی ئەم کتێبەش قسەکردنە لەسەر ئەوان. لە بەشی دواتردا بە شێوەیەکی جیدیتر دەگەڕێینەوە سەر ئەم بابەتە، بەڵام پاشماوەی ئەم بەشە دادەنێین بۆ قسەکردن لەسەر هەندێک دەستکەوتی تیۆری کوانتەمی و باسکردنی سەرکەوتنە گەورەکانی لە شیکاری سیستەمە فیزیاییەکاندا.

پرەنسیپی نادڵنیایی هایزەنبێرگ

یەکێک لە ئەنجامەکانی دوو سروشتی شەپۆل-تەنۆلکە، ئەو سنوردارکردنانەیە کە دەخرێنە سەر ئەو زانیارییانەی دەکرێت لە سیستەمێکی کوانتەمیدا لە هەر کاتێکدا دەستمان بکەوێت. هەر ئەمەیە هۆی ئەوەی یان دەکرێت تایبەتمەندیی شەپۆلی بە تێپەڕاندن لە هەردوو درزکەوە، بە چاوپۆشیکردن لەوەی لە کام کونەوە تێپەڕیوە، ببینین یان بە چاوپۆشیکردن لە ئەنجامی تاقیکردنەوەی بەیەکداچوون، بزانین فۆتۆنەکان لە کام لە کەلەبەرەکانەوە تێپەڕ دەبن، بەڵام هەرگیز ناکرێت ئەم دوو تاقیکردنەوەیە پێکەوە ئەنجام بدرێن. **ڤێرنەر هایزەنبێرگ**، یەکێک لەو زانایانەی کە لە دروستبوونی سەرەتای فیزیای کوانتەمیدا ڕۆڵی هەبوو، تێگەیشت ئەم جۆرە لە پێوان و سنووردارییەکەی دەکرێت بە شێوەیەکی جیاوازتر دەربڕدرێت. ئەو پیشانی دا دیاریکردنی کەلەبەرێک کە فۆتۆن لێوەی تێپەڕ دەبێت، لە پرەنسیپدا دیاریکردنی شوێنی فۆتۆنە لە کاتی تێپەڕبوونیەتی لە

پەردەکەوە. لە کاتێکدا بینینی بەیەکداچوون، بریتییە لە پێوانی تەوژمەکەی (Momentum). لە دوو سروشتی شەپۆل-تەنۆلکەوە دەگەین بەو ئەنجامەی پێوانی هاوکاتی شوێن و تەوژمی تەنێکی کوانتەمی، وەک فۆتۆن نامومکینە.

بەکارهێنانی ئایدیای **هایزەنبێرگ** سەبارەت بە دوو کەلەبەر تا رادەیەک نامومکینە، بەڵام دەکرێت شێوە سادەکەی لە ڕەفتاری ڕووناکیی تێپەڕبوو لە یەک کەلەبەرەوە بە پانی دیاریکراوەوە ببینرێت. ئەگەر ئەم تاقیکردنەوەیە بە مۆدێلی شەپۆلیی ڕووناکی شیکاری بۆ بکەین، وەک لە وێنەی ٥:١دا دەبینین، کەلەبەرەکە ڕووناکییەکە لە شێوەی شێوازی پەرشبوونەوە بڵاو دەکاتەوە، هەروەها دەبینین ئەگەر کەلەبەرەکە بەرتەسکتر بکەینەوە، شێوازی پەرشبوونەوەکە لەسەر ڕووبەرەکە پانتر دەبێتەوە. دەکرێت ئەم تاقیکردنەوەیە بە ڕووناکی زۆر لاواز ئەنجام بدرێت، تەنانەت تا رادەی یەک فۆتۆنی تەنیا، کە بۆ نموونەی دوو کەلەبەر باسمان کرد، سەیری وێنەی ٣:١ بکە، هێشتا دەبینین فۆتۆنەکان کەم تا زۆر بە ڕێکەوت دەگەن بە پەردەکە و بەرەبەرە ژمارەیەکی زیاتر کۆ دەبێتەوە.



وێنەی ٥:١: ڕووناکی لە کەلەبەرێکەوە تێپەڕیوە و شێوازی پەرشبوونەوە دروست دەکات، کە گۆڕانکاریی توندییەکەی بە

*هێلکاریی لە لای ڕاست پیشان دراوە. کەلەبەری تەسکتر، شێوازی پەرشبوونەوەی گەورەتری لێ دەکەوێتەوە. وەک چۆن لە نووسینەکەدا باس کراوە، ئەم ئەنجامە دەبێت بە هۆی سنووورداریی وردبینیی مومکین لە پێوانی شوێن و تەوژمی فۆتۆن، کە بەگوێرەی پرەنسیپی نادڵنیایی **هایزەنبێرگ**ە.*

پرەنسیپی نادڵنیایی پەیوەندیی هەیە بەوەی ئێمە توانایی پێشبینیمان لەسەر تایبەتمەندیی فۆتۆنێکی دەربازبوو لەم ئامێرەوە چەندە. ئێمە دەزانین ئەو دەبێت لە کەلەبەرەکەوە تێبپەڕێت، بەڵام نازانین لە کوێوە. بۆیە لێرەدا نادڵنیایی (Uncertainty) لە شوێنی تەنۆلکەکەدا هەیە و قەبارەی ئەم نادڵنیاییە یەکسانە بە Δx، لێرەدا Δx بریتییە لە پانیی کەلەبەرەکە. دوای ئەوەی تەنۆلکەکە کەلەبەرەکەی بەجێ هێشت، ئەو دەگات بە شوێنێک لەسەر پەردەکە، بەڵام دووبارە لە پێشدا نازانین لە کوێ دەکەوێت. ئێمە دەکرێت بڵێین ئەگەر تەنۆلکە دەکەوێت لە ناوەندی پەردەکە، جووڵەکەی لە نێوان کەلەبەرەکە و پەردەکە لەسەر هێڵی ئاسۆیی OPدا دەبێت. بە هەرحاڵ، ئەگەر ئەو بگات بە خاڵێکی دوور لە ناوەندی شێوازەکە (بۆ نموونە خاڵی Q) خێراییەکەی دەبێت گۆشەیەکی لەگەڵ ئاسۆدا هەبێت. لەم بارەدا، خێرایی تەنۆلکەکە، بەو پێیەش تەوژمەکەی دەبێت شیتەڵیان (بەشەک/Component) لە ئاڕاستەی Xدا هەبێت، چونکە دەزانین فۆتۆن دەگات بە هەندێک شوێن لە شێوازی پەرشبوونەوەکە، پانیی شێوازی پەرشبوونەوەکە بریتییە لە نادڵنیایی لە پێشبینییەکانمان لەسەر ئەم شیتەڵە (بەشەک)ی تەوژم.

ئەگەر ئێمە کەلەبەرەکە بچووکتر بکەینەوە، بە مەبەستی کەمکردنەوەی نادڵنیایی لەسەر شوێن (Position)، بە ناچاری پانبوونەوەی شێوازی پەرشبوونەوەکە دەبینین و لە ئەنجامدا زیادبوونی نادڵنیایی لە تەوژمی لێ دەکەوێتەوە. هەر بۆیە ئەگەر ئێمە

ئەم دوو نادڵنیاییە لە یەکتریدا کەرەت بکەین، لەوانەیە چاوەڕوان بین ئەنجـامەکە بـۆ هەمـوو قەبارەکـانی کەلەبەر یەک شـت بێـت. ئەمە بەدواداچـوونی بـۆ کـراوە و دەرکەوتـووە ئەگەر ئـێمە هەژمـارکردنی زۆر ورد ئەنجام بدەین، دەبینین کەرەتکردنی نادڵنیاییەکانی شـوێن و تەوژم، دەکرێـت پیشـان بـدرێت، کە دەکـاتە h/۲. لێرەدا h بـریتییە لە نەگـۆڕێکی بنچینەییـی کـوانتەم (ئەوەی سـەرەوە نەگـۆڕی پلانـکە). **هایزەنبێرگ** توانی پیشانی بدات کە تیۆری کوانتەمی ناچارمان دەکات هەموو هەژمارکردنێکی لەو جۆرەی شوێن و تەوژم بپرژێنین، دەگەن بە سـنووردارییەکی هاوشـێوە. ئەو ئەمەی بە پرەنسـیپێک کە ناسـراوە بە پرەنسـیپی نادڵنیـایی (Uncertainty Principle) دەربـڕی، کە لەودا (Δx) نادڵنیایی لە شوێندا بە شێوەی ژێرەوە گرێ دراوە بە نادڵنیـایی لە تەوژمدا (Δp).

$$\Delta x \Delta p > \frac{h}{٤\pi}$$

شـــیکارەکانمان بـــۆ پەرشـــبوونەوەی یەک کەلەبەری لەگەڵ ئەمەدا گونجاوە.

دەلالەتەکانی پرەنسیپی نادڵنیایی لەسەر ئەو ڕێگەیەی ئێمە دەربارەی پێـوانە زانسـتییەکان بیـری پـێ دەکەیـنەوە، زۆر قـووڵە. لەمێـژە تێگەیشـتووین کە سـنووردارییی کردەکـی بـۆ ڕاسـت و دروسـتیی هەر پێوانێـک لەئـارادایە، بەڵام پـێش فیزیـای کـوانتەمی لە پرەنسـیپدا هـیچ هۆیەک بە شێوەی پرەنسیپ لەبەردەستدا نەبوو کە پیشانی بدات ئێمە نـــاتوانین، بە پێشخســـتنی ئامێرەکانمـــان دەتـــوانین پێـــوان بە هەر وردبینییـەک کە ئارەزوومـان لێـی بێـت، ئەنجـام بـدەین. هەرچەنـدەە پرەنسیپی نادڵنیایی پەیوەندیی بە تواناکانمانەوە بۆ پێشبینیی ئەنجامی پێـــوانە یەک لە دوای یەکەکـــانەوە هەیە، لە کـــردەوەدا ســـنوورێکی بنچینەیی لەسەر وردبینیی هەر پێوانێکی هاوکاتی دوو بڕیی فیزیـایی لە جـــۆری تەوژم و شـــوێنی فۆتۆنێـــک دادەنێـــت. دوای ئەوەی ئەم

ئایـدیایە هـاتە ئـاراوەوە، ژمـارەیەک هەوڵ درا بە پێشـنیازکردنی تاقیکردنەوەگەلێـک، کە لەوانەیە هەلـی پێـوانی زۆر وردتـر لەوەی پرەنسـیپی نادڵنیـایی دەیـدات، برەخسـێنێت، بەڵام لە هەموویانـدا شـیکاری ورد دەری خسـت ئەمە نـاموومکینە. وەک لە بەشـەکانی داهاتوودا دەبینین، لە دەربڕینی ستاندەری فیزیای کوانتەمیدا، هەموو ئەو چەمکانەی شوێن و تەوژمی تەنۆلکەیەک پێکەوە دیاری دەکەن، بێواتـان. پرەنسیپی نادڵنیایی تەنیا یەکێکە لە ئەنجامە زۆر سەیر و شۆڕشـگێڕانەکانی فیزیـای کـوانتەمی، کە ئایـدیاگەلێکی واتـایی و فەلسەفی لێ کەوتەوە، کە بابەتی ئەم کتێبەن.

ئەتۆمەکان و شەپۆلەکانی مادە

وەک چـۆن مـۆدێلی شـەپۆلیی ڕوونـاکی، کە بە باشـی لە فیزیـای کلاسیکیدا بینا کرابوو، لە سـەرەتای سـەدەی بیستدا گومـانێکی کەم هەبوو، کە مادە دروست بووە لە ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەی زۆر ورد یان ئەتۆمەکان. تیۆری ئەتۆمیی **دالتۆن** سـەرکەوتنێکی بەرچاوی لە شـرۆڤەی پرۆسـە کیمیاییەکانـدا هەبـوو، هەروەهـا دیاردەی جووڵەی براونـی (Brownian motion) (کە لەودا تەنۆلکەکـانی دووکەڵ کە لە هەودا دەجـووڵێن هەڵبەزودابەزێکـی نارێکوپێـک دەکەن) شـرۆڤەی ئەنجامی بەرکەوتنە هەڕەمەکییەکـانی مۆلکیـوڵ (گەرد)ەکـانی هەوای دەکـرد. لێکـۆڵینەوە لە تایبەتمەنـدییەکانی بەتـاڵبوونەوەی کارەبـایی تیوبەکـان (مـۆدێلی سـەرەتایی تیوبەکـانی تیشـکی کـاتۆدی لە تەلەفزیۆنەکانـدا) **تامسـۆن**ی گەیانـد بەو ئەنجـامەی بە گەرمکردنـی تەلێکـی کـانزایی بـۆ پـلەی گەرمـی زۆر بەرز لە بۆشـاییدا، بـارگە کارەباییەکان (کە دوایی ناوی ئەلیکترۆنیان لێ نرا) دەردەچن.
سـەرەتای سـەدەی بیستەم **ئێرنێست رازێرفۆرد** پیشـانی دا ئەتـۆم ناوکێکی بچووکی بە بارگەی ئەرێنییەوە هەیە، کە بە نزیکەیی هەموو بارستایی ئەتۆم لەوێدا چڕ بووەتەوە. بەم شێوە بە ئاسانی دەگەین

بەو ئەنجامەی کە ئەتۆم پێک هاتووە لە ناوکێک بە بارگەی ئەرێنی، کە بە ئەلیکترۆن دەورە دراوە. لێرەدا کێشەیەک هاتە ئاراوە، هەر چەشنە هەوڵێک بۆ شرۆڤەی تەواوی سەنگچن (ستراکتۆر/ڕێسا)ی ئەتۆم، بە بەکارهێنانی میکانیکیی کلاسیکی شکستی خوارد. مۆدێلێکی سادە بریتی بوو لەوەی ئەلیکترۆنەکان وەک هەسارە چۆن بە دەوری خۆردا دەسووڕێنەوە، بە دەوری ناوکدا دەسووڕێنەوە. بەڵام تیۆری کارۆموگناتیسیی **ماکسوێل** دەڵێت وەها تەنۆلکەیەکی بارگاوی دەبێت لە شێوەی شەپۆلی کارۆموگناتیسی تیشک بداتەوە. بە هۆی ئەوەی سەرچاوەی ئەم وزەیە تەنیا جووڵەی ئەلیکترۆنەکانە، ئەم تیشکدانەوەیە دەبێت بە هۆی هێواشبوونەوەیان و سەرئەنجام بەر دەبنەوە بۆ سەر ناوک.

پیش یەکەم جەنگی جیهانی، **نیلز بۆر**، فیزیایی دانیمارکی، کە بەردەوام یادی دەکەینەوە، مۆدێلێک بۆ ئەتۆمی هایدرۆجین (کە تەنیا ئەلیکترۆنێکی هەیە) داهێنا، کە لەودا لە هەندێک دۆخی تایبەتدا، سووڕگە (Orbit)کانی وەها ئەلیکترۆنێک پایەدار و هاوسەنگ (Stable) دەبوو. ئەم مۆدێلە سەرکەوتنەکانی بەرچاو بوو. لەگەڵ ئەم سەرکەوتنانەشدا، مۆدێلی ناوبراو بۆ لێکۆڵینەوە لە تایبەتمەندیی ئەو ئەتۆمانەی زیاتر لە یەک ئەلیکترۆنیان هەیە، تووشی شکست هات و هەروەها هیچ پاساوێکی بۆ ئەو ڕێسایانەی دەبوون بە هۆی پایەدارمانەوەی سووڕگەکان، پێشکەش نەدەکرد.

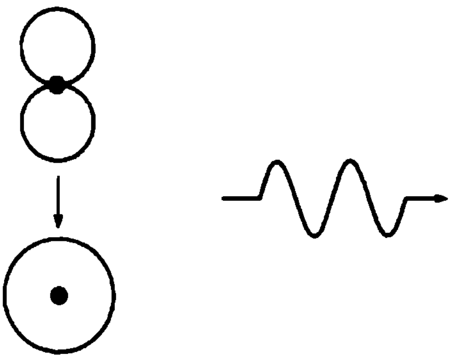
یەک دەیە دواتر، فیزیایی فەڕەنسی **لوی دۆ بڕۆی**، گریمانەیەکی بنچینەیی پێشکەش کرد. ئێستا کە شەپۆلەکانی ڕووناکی وەک تەنۆلکە ڕەفتار دەکەن، ئایا دەکرێت تەنۆلکەگەلێکی وەک ئەلیکترۆنەکان و ناوکەکان هەندێک جار تایبەتمەندیی شەپۆلی لەخۆیان پیشان بدەن؟ بۆ تاقیکردنەوەی وەها ئایدیایەکی سەیر، دەبێت بیر لە تێپەڕبوونی گورزەیەکی ئەلیکترۆن لە ئامێرە دووکەلەبەریەکە بکەینەوە، وەک ئەوەی بۆ پیشاندانی بەیەکداچوونی شەپۆلە ڕووناکییەکان بەکارهێنرا

(وێنەی ١:٢). وەها کارێک مومکین نییە، چونکە درێژەشەپۆلێک کە **دۆ بڕۆی** بۆ وەها گورزەیەکی ئەلیکترۆنی پێشبینیی کردبوو، زۆر بچووک بوو و هێڵەکانی بەیەکداچوون بە ڕادەیەک بە یەکتری نزیک بوون، نەدەکرا ببینرێن. بەڵام کەمێک دوای پێشنیازەکەی **دۆ بڕۆی**، تاقیکردنەوەیەکی هاوشێوە بە بەکارهێنانی کریستاڵێکی نیکڵ، بۆ هەڵسانگاندنی ئایدیاکەی **دۆ بڕۆی** ئەنجام درا، کە تێیدا ئەلیکترۆنەکان پەرش دەبوونەوە. شێوازی توندیی بینراو پیشانی دەدا، کە لە نێوان شەپۆلە پەرشبووەکانی ئەلیکترۆن لە لایەن ڕووبەرە ئەتۆمییەکانەوە، بەیەکداچوون دروست بووە و گورزەی ئەلیکترۆن لە ڕاستیدا لە وەها بارودۆخێکدا وەک شەپۆل ڕەفتاری کردووە. لە ئێستادا بەرهەمهێنانی گورزەی ئەلیکترۆنی بە درێژەشەپۆلی نزیک لە درێژەشەپۆلی ڕووناکی، مومکینە و ئەم گورزە بۆ پیشاندانی بەیەکداچوون لە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەریدا ڕاستەوخۆ بەکار دەهێنرێت. تاقیکردنەوەی هاوشێوە لەسەر تەنۆلکەکانی تری وەک نیوترۆنەکان، ئەتۆمەکان و مۆلکیولەکان پشتڕاستی دەکاتەوە کە تایبەتمەندیی شەپۆلییان هەیە.

گریمانەی شەپۆلیی مادی هەروەها بە شێوەی ناڕاستەوخۆ و بە شێوەیەکی سەرسووڕهێنەرتر، لە ڕێگەی توانای شرۆڤەی سەنگچنی ئەلیکترۆنی ئەتۆم پشتڕاست کراوەتەوە. تێگەیشتنی تەواو لەم خاڵە پێویستی بە شیکاری ماتماتیکی هەیە، کە لە دەرەوەی تاقەتی ئەم کتێبەدایە، بەڵام چەردەی بابەتەکە بریتییە لەوەی کاتێک شەپۆلەکان لە ناوچەیەکی سنووورداری فەزادا قەتیس دەکرێن، تەنیا هەندێک درێژەشەپۆلی دیاریکراو ڕێگەیان پێ دەدرێت. بەراورد بە نموونەیەکی ڕۆژانە بۆ ئەم بابەتە، وایەرێکی ڤیالۆن بە درێژی و گرژیی دیاریکراو تەنیا دەتوانێت هەندێک نۆتەی دیاریکراو بەرهەم بهێنێت، ئەم پرەنسیپە بۆ کارکردنی زۆربەی ئامێرەکانی موزیک ڕاستە.

بینرا کاتێک گریمانەی شەپۆلیی مادی، لەگەڵ ئەو ڕاستییەی کە ئەلیکترۆنە نەرێنییەکان بەپێی یاسای پێچەوانەی دووجای مەودا

(یاسای کۆلۆمب) لە لایەن ناوکەوە ڕادەکێشرێن، هاوکێشەیەک دروست دەبێت، کە وەڵامەکانی ڕوخساری شەپۆلە ئەلیکترۆنییەکە لەو بارودۆخەدا دیاری دەکات. ئەم هاوکیشە (کە ناوی داهینەرەکەی **ئیروین شرۆدینگێری**ی لێ نراوە) تەنیا بۆ برە کوانتایزە (Quantized Value) تایبەتەکانی وزەی ئەلیکترۆن وەڵامی هەیە. لێرەوە دەگەین بەو ئەنجامەی کە وزەی ئەلیکترۆن لە ئەتۆمدا ناکرێت کەمتر بێت لە وزەی نزمترین ئاستی ڕێگەپێدراو (پێی دەگوترێت وزەی زەمینە (Ground State Energy))، بەم شێوە شتێک بە ناوی بەربوونەوەی ئەلیکترۆن بە شێوەی لوولپێچی بۆ سەر ناوک بوونی نامێنێت. سەرەڕای ئەوە، ئەگەر ئەتۆمێک وروژابێت (Excited) و چووبێتە دۆخێکی سەرووتر، کە وزەکەی لە سەروو دۆخی زەمینەیە (Ground State)، دوای ئەوەی فۆتۆنێکی لە خۆی دەرکرد دەگەڕێتەوە دۆخی زەمینە. وزەی فۆتۆنەکە یەکسانە بە جیاوازی وزەی دوو دۆخەکە (وێنەی ١:٦).



وێنەی ١:٦: لە لای چەپ دوو شێوازی هاوسەنگیی پەسەندکراو بۆ شەپۆلە ئەلیکترۆنییەکان پیشان دراوە. ئەگەر ئەتۆم لە دۆخی سەرەوە (وزەی بەرزتر) بگوازرێتەوە بۆ دۆخی نزمتر، فۆتۆنێک بە درێژەشەپۆلی دیاریکراوەوە دەردەات.

ئێمە پێشتر بینیمان کە وزەی فۆتۆنێک پەیوەندییەکی زۆر نزیکی بەدرێژەشەپۆلی شەپۆلی ڕووناکیی پەیوەندیدارەوە هەیە، دەرکەوتووە ئەتۆمەکان تەنیا هەندێک لە درێژەشەپۆلەکانی ڕووناکی دەردەکەن. ماوەیەک بوو ئەمە زانرابوو، کە ڕووناکیی دەرچوو لە ئەتۆمەکانەوە (بۆ نموونە لە بەتاڵبوونەوەی تیوبەکانی گازدا) ئەم تایبەتمەندییەی هەیە و ئەمە سەرکەوتنێکی گەورە بوو بۆ هاوکێشەی **شرۆدینگێر**، کە نەک تەنیا ئەمەی شرۆڤە دەکرد، بەڵکو بڕی درێژەشەپۆلە ڕێگەپێدراوەکانیشی پێ هەژمار دەکرا، لێرەدا یەکگرتنەوەیەکی کەموێنە لەگەڵ تاقیکردنەوەدا هەیە.

ئەودیوی ئەتۆم

سەرکەوتنی مۆدێلی شەپۆلیی مادی لە ئەتۆمدا ناوەستێت؛ ئایدیای هاوشێوە بۆ سەنگچنی (ستراکتۆر/Structure) ناوکەکان (Nucleus)یش بەکار دەهێنرێت. دەزانین ناوکەکان پێک هاتوون لە کۆمەڵێک تەنۆلکە، پرۆتۆن (Proton) بە بارگەی ئەرێنییەوە و بە نزیکەیی هەمان ژمارە نیوترۆن (Neutron)، کە بێ بارگەیە. بە نیوترۆن و پرۆتۆنەکان دەگوترێت ناوکۆکەکان (Nucleons). هێزێکی ڕاکێشەری زۆر بەهێز لە نێوان ناوکۆکەکاندا هەیە، کە بە کارلێکی بەتین (Strong Interaction) ناسراوە، سەرەڕای ئەوەش هێزێکی دوورخەرەوەی کارەبایی لە نێوان پرۆتۆنەکاندا هەیە. ڕوخساری ئەم هێزە بە تەواوەتی ئاڵۆزە و لە ڕاستیدا هیشتا بە تەواوەتی نەزانراوە، هەژمارکردنەکان بە شێوەیەکی بەرچاو زۆر ئاڵۆزترە لە باری ئەتۆمی. بە هەرحاڵ، ئەنجامەکان باشە: تایبەتمەندییە هەژمارکراوەکانی ناوکی ئەتۆمی یەکگرتنەوەیەکی زۆر باشی لەگەڵ تاقیکردنەوەدا هەیە.

لە ئەمڕۆدا دەزانین تەنانەت تەنۆلکە بنچینەییەکانی وەک پرۆتۆن و نیوترۆن (بەڵام نەک ئەلیکترۆن) سەنگچنیان هەیە و لە تەنۆلکەی زۆر

بنچینەییتر، کە ناسراون بە کوارکەکان پێک هاتوون. ئەم سەنگچنە بە هۆی فیزیای کوانتەمی، بە شێوازێک کە بۆ ئەتۆمەکان و ناوکەکان دەکرێت، شیکاری بۆ کراوە و پیشان دەدات کوارکەکانیش تایبەتمەندیی شەپۆلییان هەیە. بەڵام فیزیای تەنۆلکەیی نوێ ئایدیا کوانتەمییەکانی بۆ ئەودیوی ئەوەش کشاندووە. لە وزەی تا ڕادەیەک بەرز، فۆتۆن دەکرێت بگۆڕدرێت بۆ ئەلیکترۆن بە بارگەی نەرێنی و تەنۆلکەیەکی هاوشێوە، بەڵام بە بارگەی ئەرێنییەوە، کە بە پۆزیترۆن (Positron) ناسراوە، دەکرێت جووتئەلیکترۆن و پۆزیترۆن یەک بگرنەوە و ببنەوە بە فۆتۆن. سەرەڕای ئەوە، لە پرۆسەکانی وزەی زۆر بەرزدا تەنۆلکەی سەیروسەمەرە دروست دەبن، زۆرێک لەوان بە شێوەی خۆبەخۆ لە کەرتێکی بچووکی چرکەدا هەڵدەوشێنەوە بۆ تەنۆلکەی زۆرتر پایەداری وەک ئەلیکترۆن و کوارک. هەموو ئەم جۆرە پرۆسانە بە پەرەپێدانی ئایدیا کوانتەمییەکان بۆ فۆرمێکی تر کە ناسراوە بە تیۆری بواری کوانتەمی، دەکرێت تێیبگەین. تایبەتمەندییەکی بنچینەیی ئەم تیۆرییە بریتییە لەوەی کە هەندێک لە دیاردەکان تەنیا کاتێک دەکرێت شرۆڤە بکرێن، کە وەک سەریەککەوتنی (Superposition) ژمارەیەکی زۆر پرۆسەی بنچینەیی لەبەرچاو بگیردرێن. دەکرێت بەراورد بکرێت لەگەڵ سەریەککەوتنی شەپۆلە تێپەڕبووەکان لە دوو کەلەبەرەوەکەی ئامێرێکی بەیەکداچووندا (Interference *Apparatus*).

مادەی چڕ

سەرکەوتنەکانی فیزیای کوانتەمی تەنیا سنووردار نابێت بە دیاردە ئەتۆمی و نیمچەئەتۆمییەکان؛ خێرا دوای دەرکەوتنی گریمانەی شەپۆلیی مادی، زانرا دەکرێت بۆ شرۆڤەی پەیوەندییە کیمیاییەکان (Chemical Bonding) بەکار بهێنرێت. بۆ نموونە، لە مۆڵکیولێک کە پێک هاتووە لە دوو ئەتۆمی هایدرۆجین، شەپۆلی ئەلیکترۆنیی

هەردوو نـاوکەکە گەمـارۆ دەدات و بە هێزێـک، کە هاوسـەنگە لەگەڵ هێزی دوورخەرەوەی کارەبایی ناوکڵە ئەرێنییەکان بەرەو لای یەکتر رایان دەکێشێت، بەم شێوە مۆڵکیولی هایدرۆجین دروست دەبێت. ئەم ئایدیایە دەکرێت بۆ هەژمارکردنەکانی تایبەتمەندییە مۆڵکیولییەکان پەرەی پێ بدرێت، وەک هاوسەنگیی جیابوونەوەی ناوکی (Equilibrium Nuclear Separation)، کە بە وردی لەگەڵ تاقیکردنەوەدا یەک دەگرێتەوە.
بەکارهێنانی پرەنسیپی هاوشێوە بۆ سـەنگچنی مـادەی چڕ، بەتـایبەتی مـادە ڕەقە کریسـتاڵە بەهێڵەکـان، سـەرکەوتوانە تـاقی کـراوەتەوە. ئەتۆمەکـان لە نـاو کریسـتاڵێکدا بە شـێوەی تـۆڕێکی ڕێکوپێـک ڕێـک خراون و یەکێک لە تایبەتمەندییەکانی وەها تۆڕێکی ڕێکوپێک بریتییە لەوەی کە ئەو شەپۆلەی لێوەی تێپەڕ دەبێت، ئەگەر درێژەشەپۆلەکان پەیوەنـدییان لەگەڵ مەودای نێـوان ڕووبەرەی ئەتۆمەکـان لە نـاو کریسـتاڵەکەدا هەبێـت، بـڵاو دەبێـتەوە. ئەگەر وا نەبـوو، بەبـێ بڵاوبوونەوەیەکی ئەوتۆ لە تۆڕەکەوە تێپەڕ دەبێت. ئێمە پێشتر باسی تاقیکردنەوەیەکمـان کـرد، کە لەودا پەرشـبوونەوەی گـورزەیەکی ئەلیکترۆنـی لە کـاتی کەوتـن لە کریسـتاڵێک بەڵـگەیە بـۆ پێشـنیازی شـەپۆلە مادییەکـانی **دۆ بـرۆی**. دەرکەوتـووە لە کانزاکانـدا هەنـدێک لە ئەلیکترۆنەکان (بەگشتی بۆ هەر ئەتۆمێک و ئەلکترۆنێک) پەیوەندییان بە ئەتۆمەکـانەوە نیـیە، بەڵکـو سەربەسـتانە لە نـاو کریسـتاڵەکەدا هـاتووچۆ دەکەن. سـەرەڕای ئەوەش، درێژەشـەپۆلی ئەلیکتـرۆن زۆر بچـووکترە لەوەی بە هـۆی تـۆڕی کریسـتاڵەوە بـڵاو ببێـتەوە. لە ئەنجامـدا شـەپۆلەکان لە نـاو کریسـتاڵدا بەبێ بەربەست، بە شـێوەی لێشـاوێکی تەزووی کارەبـایی، بەبـێ بەرگـری (Resistance)یەکـی ئەوتـۆ، دەجـووڵێن. لە نیمچەگەیەنەرەکـان (Semiconductors)دا، وەک سـیلیکۆن (Silicon) تەنیـا کەرتێکـی بچـووک لە ئەلیکترۆنەکـان سەربەسـتن بجـووڵێن و ئەمە دەگـات بە دەرکەوتنـی هەنـدێک تایبەتمەندیی تایبەتی وەک پارچە سیلیکۆنە ئەلکترۆنییەکان بە هەموو

دەرکەوتەکانیەوە. تەنانەت هەندێک تایبەتمەندیی سەیری مادە لە پلەی گەرمیی زۆر نزم، کە لەوێدا شلەی هیلیۆم لینجییەکەی (Viscosity) سفرە و هەندێک مادە دەبن بە بەرزەگەیەنەر (Superconductor) و بەرگرییەکەیان بە تەواوەتی دەسڕدرێتەوە، دەکرێت ڕەفتاری کوانتەمی دەربخرێت و ئێمە لە بەشی حەوتەمدا بە کورتی دەگەڕێینەوە سەر ئەم بابەتە.

بەشی دووەم

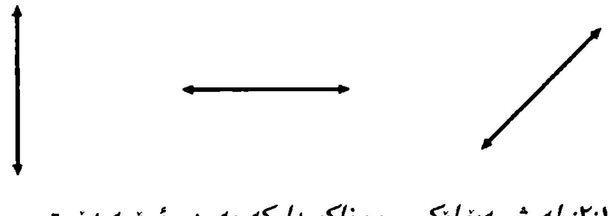
ئاراستەی فۆتۆنەکان کامەیە؟

لە بەشی پێشوو ژمارەیەکی زۆر لە دیاردە فیزیاییە جۆربەجۆرەکانمان بەسەر کردەوە، کە دەکرێت بە ئایدیای فیزیای کوانتەمی تێیبگەین. ئێستا کە دەمانەوێت قووڵتر سەیری بابەتەکە بکەین، باشترە لەسەر نموونەگەلێک چڕ ببینەوە، کە تێگەیشتنیان تا ڕادەیەک ئاسانترە و لە هەمان کاتیشدا پرەنسیپە بنچینەییەکان ڕوونتر دەکەنەوە و پرسی چەمکە بنچینەیەکان بەرجەستە دەکەن. تا چەند ساڵ لەوەوپێش زۆربەی ئەو نووسەرانەی قسەیان لەسەر ئەم بابەتە دەکرد، سەرنجیان دەدایە پرسی تێپەڕبوونی تەنۆلکە لە ئامێری دووکەلەبەریییەوە، ئەوەی کە تایبەتمەندیی شەپۆلی کە لە شێوازی بەیەکداچووندا دەردەکەوێت (وەک وێنەی ١:٢) و بەشی سەرەکیی گەنگەشەکان بە سەرنجدان بوو لەسەر دوو سروشتی شەپۆل-تەنۆلکە (Wave-Particle Duality) و ئەو پرسانەی پێوانی تەوژم و شوێنی تێدەکەوێت، وەک گەنگەشەکان لەسەر پرەنسیپی نادڵنیایی لە بەشی پێشوو. بە هەرحاڵ، لە بنەڕەتدا بێکۆتایی ژمارە و شوێن هەیە کە تەنۆلکە دەکرێت لەوێ بێت و بێکۆتایی ژمارە بۆ بڕی تەوژمەکەی هەیە، کە ئەمە بە شێوەیەکی بەرچاو گەنگەشەکان ئاڵۆز دەکات. دەکرێت هەموو خاڵەکانی پرەنسیپێک کە دەمانەوێت قسەی لەسەر

بکەیـن، بە لەبەرچـاوگرتنی ئەو بارۆدۆخـانە بێـت کە پێوانێـک تەنیـا ژمارەیەکی کەم پێشهاتی مومکینی دەبێت. وەها برێک کە پەیوەندیی بە فیزیـای گورزەکـانی ڕوونـاکی و فۆتۆنەکـانەوە هەیە، ناسـراوە بە جەمسـەرگیری (Polarization). لە بەشـی داهـاتوودا ئێمە قسـە لەسـەر تیـۆری شـەپۆلیی ڕوونـاکی بە پێـی زانسـتی کلاسـیکی دەکەیـن، پاشـماوەی بەشـەکە دادەنـین بـۆ قسـەکردن لەسـەر ئەو بـارودۆخەی سروشتی فۆتۆنیی ڕووناکی تێیدا گرنگە.

جەمسەرگیریی ڕووناکی

وێنـــای بـــکە گـــورزەیەکی ڕوونـــاکی، کە ئـــێمە وەک شـــەپۆلی کارۆموگناتیسی دەیناسین، بەرەو ئێمە دێت، وەک لە بەشی ١ بینیمـان (وێـــنەی ١:١). ئەمە واتـــای ئەوەیە کە لە هەر خـــاڵێکی فەزادا لە ئاڕاســـتەی شـــەپۆلدا بـــوارێکی کارەبـــایی هەیە، کە لە چـــرکەدا بە ژمـارەیەکی زۆر دەلەرێـتەوە. لە هەمـوو سـاتێکدا، ئەم بـوارە دەبێت یەک ئاڕاستە پیشـان بدات، کە بەپێی هاوکێشـەکانی **ماکسـوێل** دەبێت ئاڕاستەکەی هەمیشـە ستوون بێت لەسـەر ئاڕاسـتەی بڵاوبوونەوەی ڕوونـاکییەکە. بـۆیە ئەگەر ڕوونـاکییەکە بەرەو ئـێمە بێـت، ئاڕاسـتەی بـواری کارەبـایی دەبێت؛ لە ئاڕاسـتەی چەپ یـان ڕاسـت یـان سـەر و خوار یان هەر ئاڕاستەیەک لە نێوان ئەواندا بێت (وێنەی ٢:١).

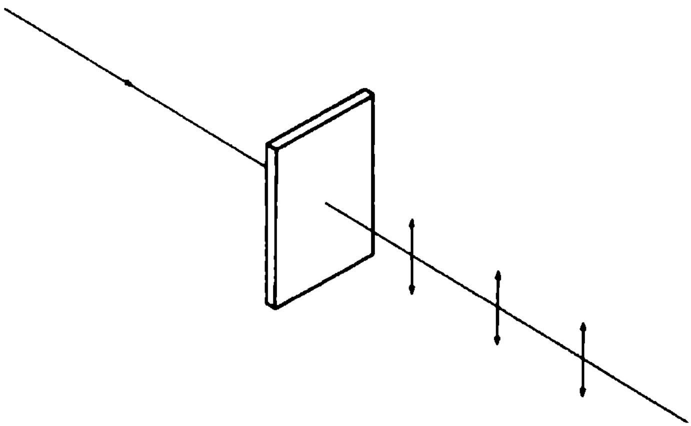


وێـنەی ٢:١: لە شـەپۆلێکی ڕووناکیـدا کە بەرەو ئـێمە دێـت، بـواری کارەبـایی لەوانەیە بە شـێوەی سـتوونی (Vertically)، ئاسـۆیی

(Horizontally) یـــان هەر گۆشـــەیەک لە نێـــوان ئەم دووەدا هەیە، بلەرێـتەوە، بەڵام لەرەلەرەکە هەمیشــە ســتوونە لەســەر ئاڕاسـتەی ڕۆیشتنی گورزەی ڕووناکی.

لە زۆر باردا ڕووبەری هەڵگری ئاڕاستەی بواری کارەبایی بە خێرایی لە کـاتێکەوە بـۆ کـاتێکی تـر دەگۆڕدرێت، بەڵام دەکرێت ڕووناکییەک دروســت بکرێــت کە بــۆ ئەو ئەم ڕووبەرە نەگــۆڕ بمێنێــتەوە. بەم ڕووناکییە دەگوترێت ڕووبەرجەمســەرگیراو (Plane Polarised) یـان هەنـدێک کـات تەنیـا جەمســەرگیراو (Polarised). ڕووبەری هەڵگـری ئاڕاســتەبڕی بــواری کارەبـایی ناسـراوە بە ڕووبەری جەمســەرگیری (Plane of Polarisation) و ئاڕاســتەکەی بــواری کارەبــایی پێــی دەگوترێت ئاڕاستەی جەمسەرگیری (Polarization Direction).
لەوانەیە جەمسەرگیری لە بوارەکانی وەرگری ڕادیۆ یان تەلەڤیزیۆن بـۆ هەنــدێک لە خــوێنەران ئاشــناتر بێــت. بــۆ وەرگرتنــی نیشــانە (Signal)یەکی باش، لە وەرگرەکەدا پێویستە ئالێرە دووجەمســەرییەکە لە ئاڕاســـتەی جەمســـەرگیریی شـــەپۆلە ڕادیــۆییەکەدا دابنرێــت (بە شێوەی ئاسایی ئاسـۆیی یـان سـتوونی). ئەمە دەبێت بە هـۆی ئەوەی بـواری کارەبـایی تەزوویەک لە ئاڕاسـتەی وایەرەکەدا و لە دواییـدا لە سیستەمەکەدا دروست بکات.
ڕووناکیی جەمسەرگیراو دەکرێت بە چەندین شێوە دروست بکرێت، بــۆ نمــوونە، ڕوونــاکیی زۆرترینــی لەیزەرەکــان وەک ئەنجــامی پرۆسێســی نــاوەوەی لەیـزەر جەمســەرگیراوە و هەروەهـا گــورزەی جەمســەرگیراو دەکرێـت لە هەمـوو ئەو مـادانەی کە پێیـان دەگوترێـت جەمســەرگر (Polaroid)، دەســتمان بکەوێـت. ئەم مــادەیە لە ڕاسـتیدا بریتییە لە فیلمێکی تەنکی نیترۆسلولزی گوشراو، کە پێک هـاتووە لە کریستاڵی زۆر ورد، چۆنێتیی دروستبوون و کارکردنی لێرەدا بـابەتی گەنگەشەکانی ئێمە نییە، ئەوەی گرنگە بریتییە لەوەی کاتێک ڕووناکیی

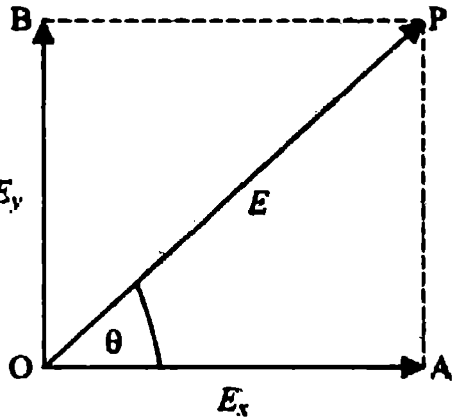
ناجەمسەرگیراو دەکەوێت لە لایەکی پارچەیەکی جەمسەرگرەکە، ڕووناکیی دەرچوو لە لاکەی تر جەمسەرگیراوە و توندییەکەی نزیکەی نیوەی ڕووناکی تێهاتووە (وێنەی ٢:٢). ئاڕاستەی جەمسەرگیریی ڕووناکیی دەرچوو لە جەمسەرگرەوە، هەمیشە لە ئاڕاستەیەکی تایبەتیدایە و ناسراوە بە تەوری جەمسەرگری و لەسەر ڕووبەری جەمسەرگرەکەدایە.



وێنەی ٢:٢: ئەگەر گورزەیەکی ڕووناکی لە پارچەیەک جەمسەرگرەوە تێپەڕ ببێت ئاڕاستەبڕی بواری کارەبایی و ڕووناکیی دەرچوو، هەمیشە هاوڕێکە لەگەڵ ئاڕاستەیەکی تایبەتدا (لە وێنەکەدا لە شێوەی ستوونییە)، کە ناسراوە بە تەوەری جەمسەرگر (Polaroid Axis).

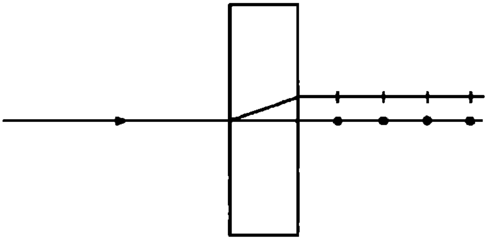
خوێنەر لەوانەیە بە باشی لەگەڵ جەمسەرگری چاویلکە دژەخۆرەکانیدا ئاشنایی هەبێت: ڕۆشنایی ڕووناکیی ڕۆژ بە شێوەیەکی بەرچاو ناجەمسەرگیراوە، لەم چاویلکانەوە تەنیا نیوەی ئەو ڕووناکییە بەرچاو دەکەوێت. هەروەها جەمسەرگر دەکرێت بەکار بهێنرێت بۆ دۆزینەوەی ئاڕاستەی جەمسەرگیریی ڕووناکی، کە پێشتر

جەمسەرگیریی بۆ کراوە: تەنیا دەبێت جەمسەرگرەکە بخولێنینەوە، تا ئەو کاتەی ڕووناکیی دەرچوو یەکسان بێت بە ڕووناکیی تێهاتوو. خاڵێکی گرنگ و سەرنجڕاکیش بریتییە لەوەی کە بۆ دەرچوونی ڕووناکی، پێویست ناکات تەوری جەمسەرگرەکە ڕێک هاوڕێکی ئاڕاستەی جەمسەرگیری بێت. تێپەڕبوونی ڕووناکی تەنیا کاتێک دەوەستێت، کە دوو تەوری ناوبراو لەسەر یەکتری ستوون بن. ڕێژەی ڕووناکیی تێپەڕیو لەگەڵ خولانەوەی جەمسەرگردا، بە شێوەی بەرەبەرە و بەردەوام زیاد دەبێت و کاتێک تەوەرەکان لەگەڵ یەکتریدا هاوڕێک بن، دەبێت بە زۆرترین. بە زمانێکی زانستیتر، دەکرێت بڵێین کە جەمسەرگر ئەو شیتەڵە لە ڕووناکی کە لە ئاڕاستەی جەمسەرگر، جەمسەرگیریی بۆ کراوە، لە خۆییەوە تێپەڕ دەکات. ئەم بابەتە لە وێنەی ٢:٣ ڕوون کراوەتەوە، کە پیشان دەدات چۆن بوارێکی کارەبایی لە ئاڕاستەی گشتیی OP دەکرێت لە شێوەی دوو بەشی ستوونلەسەریەکی OA و OB هەژمار بکرێت. ئەگەر تەوری جەمسەرگر لە ئاڕاستەی OAیدا بێت، شیتەڵەکەی لەم ئاڕاستەدا تێپەڕ دەبێت، لە کاتێکدا شیتەڵەکەی ئاڕاستەی OB هەڵدەمژدرێت. بۆیە ئاڕاستە و بڕی بواری کارەبایی دەرچوو وەک شیتەڵی ڕووناکیی تێهاتوو هاوڕێک لەگەڵ تەوری جەمسەرگر دەبێت. بارێکی تایبەتی بریتی دەبێت لەوەی POA=O° و ٩٠° بە ڕوونی گرێدراو بە گواستنەوەی تەواو و تێپەڕنەبوونی تەواوە بێت. بەگشتی، توندیی ڕووناکیی دەرچوو یەکسان دەبێت بە $I\cos^2\theta$، کە لێرەدا $I = E^2$ و بریتییە لە درەوشاوەیی یان توندیی ڕووناکیی بەرکەوتوو (بڕوانە بەشی ١) و θ یەکسانە بە گۆشەی POA.



وێنەی ٢:٣: لەرینەوە لە ئاڕاستەی OP دەکرێت لە شێوەی ئاوێتەی لەرینەوەکـــان لە ئاڕاســـتەی OB و OA وێنـــا بکرێـــت. ئەگەر ڕوونـاکییەک بە فراوانیـی (Amplitude) OP (بە تونـدیی OP^2وە) لە نـــاو جەمســـەرگر (Polaroid)ێـــکەوە، کە تەوەرەکەی لە ئاڕاســـتەی OAدایە تێپەڕ ببێت، فراوانیی ڕووناکیی تێپەڕیو یەکسانە بە OA و توندییەکەی یەکسانە بە OA^2. جێگەی سەرنجە کە $OA = OP\cos\theta$، کە لێرەدا θ بریتییە لە گۆشەی POA.

ئـــامێرێکی کەمێـــک جیـــاواز، کە بـــۆ دروســـتکردن و شـــیکاریی جەمســـەرگیریی ڕوونـاکی بەکـار دێـت، بـریتییە لە تـاککریسـتاڵێکی کالسیت (Calcite). وردەکارییەکەی بە لای ئێمەوە گرنگ نییە، بەڵام دەبێت باسی بکەین ئەم کریستاڵە دەتوانێت ڕووناکی بکات بە دوو شیتەڵی جەمسەرگیراوی ستوونلەسەریەک (وێنەی ٢:٤).

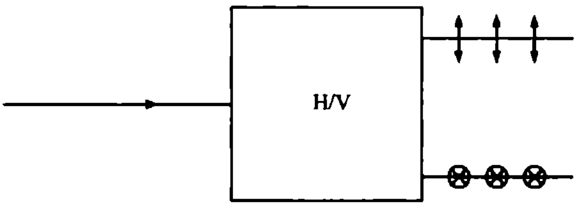


وێنەی ٢:٤: ڕووناکییەک کە لە کریستاڵی کالسیتەوە تێپەڕ دەبێت، شیکار دەبێت بۆ دوو بەشەک (Component)، کە جەمسەری یەکێکیان هاوڕێک و ئەوی تریان ستوونە لەسەر ئاڕاستەیەکی دیاریکراوی کریستاڵی کالسیتەکە.

بە پێچەوانەی جەمسەرگر، کە شیتەڵەکانی ستوون لەسەر ئاڕاستەکەی هەڵدەمژێت، کریستاڵی کالیسیت دەهێڵێت هەموو ڕووناکییەکە لێوەی تێپەڕ ببێت، بەڵام دوو شیتەڵ یان بەشەک (Component)، لە دوو ڕێچکەی جیاوازەوە لێوەی دێنە دەرەوە. کۆی ئەو دوو ڕووناکییەی لێوەی دەردەچێت لەگەڵ ڕووناکیی تێهاتوو یەکسانە، چونکە توندیی ڕووناکی گرێ دراوە بە دووجای بواری کارەبایی، کە وا بوو توندیی ڕووناکیی تێهاتوو E٢ بەپێی یاسای فیساگورس یەکسانە بە کۆی دوو توندیی تێپەڕیوی $E_x^{٢}$ و $E_y^{٢}$ (بڕوانە وێنەی ٢:٣).

شیبوونەوەی گورزەیەکی ڕووناکی بە دوو شیتەڵی جەمسەرگیراو، بە ئامێرێکی وەک کالیست، لە ژمارەیەکی زۆر لە گەنگەشەکانی داهاتوومان ڕۆڵی سەرەکیی دەبێت. بەڵام وردەکارییەکەی بە لای ئێمەوە گرنگ نییە، لەمەودوا ئەم پرۆسەیە بە سادەیی بە لاکیشەیەک، وەک وێنەی ٢:٥ و گورزەیەکی تێهاتوو و دوو گورزەی دەرچوو پیشان دەدەین. لەیبڵی H/V لەسەر لاکێشەکان پیشان دەدات، کە ئاڕاستەگریی کریستاڵە کە بە شێوەیەکە، گورزە دەرچووەکان لە

ئاڕاســــتەکانی ئاســــۆیی (Horizontal) و ســــتوونی (Vertical)دان؛ بارۆدۆخی تری وەک ئاڕاستەی $\mp$٤٥° لەبەرچاو دەگرین، کە واتای ئەوەیە گورزەی دەرچوو لە ئاڕاستەی ٤٥°+ و ٤٥°- بەگوێرەی ئاسۆ جەمسەرگیری کراون. لە کاتی قسەکردن لەسەر جەمسەرگیری، ئێمە جەمسەرگرێکمان بە لاکێشەیەک پیشان دا کە ئاڕاستەی تەوەرەکانی جەمســەرگیرییەکەی پیشــان درابــوو (وەک ئەوەی لە وێــنەی ٢:٤ باســمان کــرد). لە نمــوونەی پیشــاندراوی وێــنەی ٢:٥، لاکێشــەکە ڕووناکیی تێهاتوو دەکات بە دوو بەشەکی جەمسەرگیراو لە هەردوو ئاڕاستەی ئاسۆیی و ستوونی.

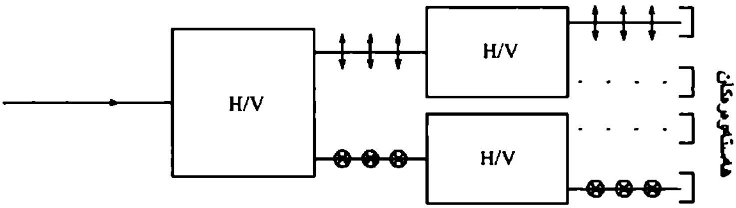


وێنەی ٢:٥: لە قسەکردن لەسەر جەمسەرگیری، جەمسەرگرێک (وەک ئەوەی لە وێــنەی ٢:٤ پیشــان دراوە) بە شــێوەی لاکێشــە و بە نیشانەیەک بۆ پیشاندانی ئاڕاستەی جەمسەرگیری پیشان دەدەین. لە نموونەی پیشاندراودا، ڕووناکیی لێدراو بە هۆی لاکێشەکەوە شیتەڵ دەبێت بە دوو بەشەکی جەمسەرگیرکراو لە ئاڕاستەکانی ستوونی و ئاسۆیی.

جەمسەرگیریی فۆتۆنەکان

لە بەشی پێشوودا باسمان کرد کە تیۆریی کلاسیکیی ڕووناکی ناتوانێت هەموو تایبەتمەندییەکانی ڕووناکی شرۆڤە بکات، بەتایبەتی کاتێک ئامێرێک، کە بەپێی دیاردەی کارۆڕووناکی کار دەکات، ڕووناکی دەربخات، لەم کاتەدا ڕووناکی وەک لێشاوێک لە تەنۆلکە ڕەفتار دەکات، کە ناسراون بە فۆتۆن. بەتایبەتی سروشتی ڕووناکی زۆر سەرنجڕاکێش دەبێت، ئەگەر توندیی ڕووناکییەکە نزم بێت و گەیشتنی ڕووناکی بە هەستەوەرەکان لە شێوەی کلیک دەربکەوێت: لە توندیی زۆردا کلیکەکان دەکەونە سەر یەک و ڕەفتاریان لەو شێوە دەبێت، کە چاوەڕوان دەکرێت لە شەپۆلە ڕووناکییە بەردەوامەکاندا ببینرێت. لە یەکەم نیگادا لەوانەیە وا دەربکەوێت، کە جەمسەرگیری زۆرتر چەمکێکە پەیوەندیدار بە شەپۆلەکانەوە و ناکرێت بۆ دانەبەدانەی فۆتۆنەکان بەکار بهێنرێت. بە هەرحاڵ، تاقیکردنەوەی وێنەی ٥:٢ بێنە پێش چاوی خۆت؛ ئەگەر گورزەیەکی ڕووناکیی زۆر لاواز ڕووناکیی ناجەمسەرگیراو بکەوێت لە جەمسەرگرێک و دوو گورزە دەرچووەکە بکەون لەو هەستەوەرانەی کە توانای بژاردنی فۆتۆنە تاکەکانی هەیە، فۆتۆنەکان دەبێت لە یەکێک لە دوو کەناڵەکەوە دەربچن، لەوانەیە تەنیا بە هۆی ئەوەی هیچ ڕێگەیەکی تریان نییە! ئەگەر تاکە فۆتۆنەکان نیشانە بکەین، ئەوانەی لە کەناڵی Hوە تێپەڕ دەبن بە h و ئەوانەی لە کەناڵی Vیەوە تێپەڕ دەبن، بە v دەست نیشان دەکەین. پێوانی زیاتر بە جەمسەرگیریی H/V ئەنجام بدەین، وەک لە وێنەی ٢:٦ پیشان دارە، هەڵسەنگاندن دەکات بۆ ئەوەی کە ئەم نیشانەگوازییانە، ئایا هیچ تایبەتمەندییەکی فیزیاییان هەیە یان نا. بینراوە فۆتۆنەکانی h و v بە شێوەیەکی نەگۆڕ بە ڕیز لە کەناڵەکانی H و Vوە لە جەمسەرگیریی دووەمەوە دێنە دەرەوە. بەم جۆرە ئێمە پێناسەی کردەکیی فۆتۆنی جەمسەرگیراومان بە ئەنجام گەیاند. واتا هەرچەندەە لەوانەیە نەتوانین بڵێین جەمسەرگیریی فۆتۆن چییە، بەڵام

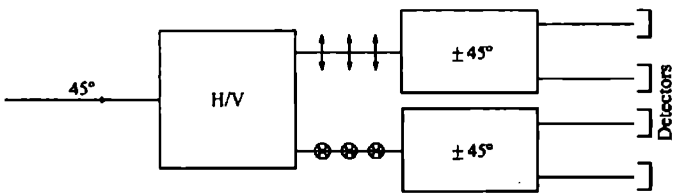
دەتوانین بە کردارێک کە بۆ پێوانی ئەنجامی دەدەین، پێناسەی بکەین. بەم شێوە، بۆ نموونە فۆتۆنێکی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی بریتییە لەو فۆتۆنەی لە کریستاڵی کالسیتی H/V لە کەناڵی Hوە تێپەڕ دەبێت، یان لە ڕێگەی جەمسەرگرێکەوە کە تەوەرەکەی لە ئاڕاستەی ئاسۆدایە.



وێنەی ٢:٦: جەمسەرگیری بریتییە لە تایبەتمەندییەک کە دەکرێت بدرێت بە فۆتۆنەکان، چونکە هەر فۆتۆنێک کە لە جەمسەرگیری یەکەم بە شێوەی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی یان ستوونی دەربچێت، لە هەمان کەناڵی جەمسەرگیری H/Vی دواتریش تێپەڕ دەبێت.

ئێستا دەکرێت بزانین چۆن فۆتۆنی جەمسەرگیراو شرۆڤەی هەندێک لایەنی گشتیی پێوانیی کوانتەمی (Quantum Measurement) دەکات؛ لە بەشی پێشوودا بینیمان چۆن پێوانی هەندێک تایبەتمەندیی فیزیایی، وەک شوێنی (Position) تەنۆلکە، بە ناچاری بە شێوەیەک کاریگەریی لەسەر سیستەمەکەدا دادەنێت، کە ئەنجامی پێوانی هەندێک تایبەتمەندیی تر، بۆ نموونە تەوژم (Momentum)، شیاوی پێشبینیکردن نابێت. هەمان پرەنسیپ کاتێک بمانەوێت جەمسەرگیریی H/Vی فۆتۆنێک، کە پێشتر بە جەمسەرگیرییەکەی ٤٥° ناسیومانە، بپێوین، دەردەکەوێت. تاقیکردنەوەی وێنەی ٢:٧ بێنە پێش چاوی خۆت: گورزەیەک لە فۆتۆنەکان، بەگوێرەی ئاسۆ بە گۆشەی ٤٥°

جەمســـەرگیراون (دەکرێـــت ئەمە بە تێپەڕانـــدنی ڕوونـــاکییەکی ناجەمسەرگیراو لە جەمسەرگرێک بە ئاڕاستەی گونجاوەوە دەستەبەر بکرێـت) دەکەون لە جەمســەرگرێک کە ئاڕاســتەکانی H/V دەپێوێـت. نیـوەی فۆتۆنەکـان لە کەنـاڵی ئاسـۆیی و نیـوەکەی تـر لە کەنـاڵی ســتوونییەوە تێـپەڕ دەبـن. ئەگەر ئێســتا جـارێکی تـر گـورزەکە لە جەمســەرگرێکی تـر بە جەمســەرگری $\mp ٤٥^{o}$وە تێپەڕێنـین، دەبینـین جەمسـەرگیرییە ٤٥^{o} کە بە هـۆی پێـوانی H/Vوە تێک چووە: نیـوەی فۆتۆنەکان لە هەر کام لە گورزەکانی H/Vوە لە کەناڵی $\mp ٤٥^{o}$ تێپەڕ دەبێـت. کە وا بـوو پێـوانی جەمســەرگریی H/V دۆخــی فۆتۆنەکــان دەگۆڕێـت، بـۆیە جەمســەرگیریی گـورزەی دەرچـوو لە $\mp ٤٥^{o}$ ئێسـتا ئیتر نەناسراوە تا دووبارە پێوان ئەنجام دەردرێتەوە. بە هاوشـێوەیی، پێوانێکی ٤٥^{o} دۆخی فۆتۆنێک کە بە هۆی دەرچوون لە جەمسەرگریی H/Vوە زانرابوو. هەمان ئەنجام دەکرێت لە پێوانی سـەرکەوتووانەی هەر دوو بەشـــەکی جەمســـەرگیراو (Polarisation Components) بەدەست بهێنرێت.



وێـــنەی ٢:٧: ئەگەر فۆتـــۆنی جەمســـەرگیراوی ٤٥^{o} بکەوێـــت لە جەمســـەرگری H/V ئەوان بە شـــێوەی ئاســـۆیی یـــان ســـتوونی جەمســەرگیر دەبـن. ئەوان جـارێکی تـر بەشـێوەی هەڕەمەکـی لە دوو کەنـــاڵ لە جەمســـــەرگرەکانی $\mp ٤٥^{o}$وە تێـــدەپەڕن، دوای ئەوەی دەردەخـرێنەوە، دەردەکەوێـت یـادەوەرییەکەی خۆیـان سـەبارەت بە

جەمسەرگیریی سەرەتایی لەدەست داوە. دەگەین بەو ئەنجامەی کە پێوانی جەمسەرگیری بەگشتیی دۆخی جەمسەرگیریی فۆتۆنە پێوراوەکان دەگۆڕێت.

با بچینەوە بۆ وێنەی ۲:۳ و سەرەتای قسەکانمان لەسەر شەپۆلەکان، با گورزەیەکی ڕووناکی، بۆ نموونە جەمسەرگیریی h لەبەرچاو بگرین، کە دەگات بە جەمسەرگرێک کە ئاڕاستەکەی ڕێک خراوە بۆ ئەوەی جەمسەرگیریی هاوڕێک و ستوون لەسەر ئاڕاستەیەک کە گۆشەی θ لەگەڵ ئاسۆدا دروست دەکات. لە باری شەپۆلدا، ئێمە دەبینین، کە توندییەکانی گورزەکانی هاوڕێک و ستوون لەسەر تەوەر بە ڕێز بریتین لە $E_x^۲$ و $E_x^۲$ و گری دراون بە $cos^۲\theta$ و $sin^۲\theta$. لێرەوە دەگەین بەو ئەنجامەی ئەگەر ئەم تاقیکردنەوە بە ژمارەیەکی زۆر (تۆ بڵێN) فۆتۆن ئەنجام بدرێت، ژمارەی فۆتۆنە دەرچووەکان لە کەناڵێکەوە دەبێت بە $Ncos^۲\theta$ و $Nsin^۲\theta$. بۆیە ئەگەری پەیوەندیدار بۆ یەک فۆتۆن دەبێت بە $cos^۲\theta$ و $sin^۲\theta$. بە هەرحاڵ، تا ئەو کاتەی تاقیکردنەوەکە دەکەین ئەمە تەنیا ئەو شتەیە دەیناسین، بە شێوەیەک ئەنجامی ڕاستی بریتی دەبێت لەوەی بۆ هەر فۆتۆنێکی تایبەتی بەگشتی هەڕەمەکی و نەشیاو بۆ پێشبینییە، (تاقەبەدەر بریتییە لە بارێکی تایبەتی، کە لەودا دووەم ئامێریش لە ئاڕاستەگری H/Vدایە. کە وا بوو پێوانێکی دووەم دەکرێت ئەنجام بدرێت بەبێ ئەوەی دۆخی جەمسەرگیریی پێشوو تێک بچێت).

با تۆزێک وردتر بەراوردی ڕەفتاری شەپۆلی ڕووناکی و فۆتۆن لەم کاتەدا بکەین: شەپۆلێکی کارۆموگناتیسیی جەمسەرگیراو، بۆ نموونە ٤٥°، بەگوێرەی ئاسۆ دەکرێت بۆ دوو بەشی ئاسۆیی و ستوونی وەک وێنەی ۲:۳ شی بکرێتەوە؛ کاریگەریی جەمسەرگیرێکی H/V بریتییە لە دابەشکردنی شەپۆل بۆ دوو بەش، کە دەبن بە دوو گورزەی جیاواز. بە بەراورد لەگەڵ ئەوەدا تاکە فۆتۆنێک کە فۆتنێکی

جەمسەرگیراوی 45^{o}+یە، بریتییە لە دۆخێک کە سەریەککەوتنی (Superposition) دۆخی گرێدراو بە فۆتۆنێکی h و فۆتۆنێکی گرێدراوی v، کاتێک لە جەمسەرگریH/Vوە تێپەڕ دەبێت، لە هەردوو شێوەی h و v دەبینرێت، کە دەڵێین سەریەککەوتنەکە دەڕووخێت (Collapse) بۆ یەکێک لەم دوو دۆخە. ئەمە گرنگە تێبگەین کە پەسنی دۆخی فۆتۆنێک بە سەریەککەوتن، تا پێوان ئەنجام نەدرێت دۆخەکە ناگۆڕێت. ئەو هێشتا فۆتۆنی 45^{o}+، بەڵام گونجاوە بۆ ئێمە کە دۆخەکە وەک سەریەککەوتن پیشان بدەین، بە هەمان ڕێگە ئاسانترە شەپۆلێک شی بکەینەوە بۆ دوو بەشەک، کە لە یەک زیاد دەبن بۆ ئەوەی جەمسەرگیرییەکی سەرچاوەیی دروست بکەنەوە. سەرەڕای ئەوە، تاکە هۆ بۆ بەستنەوەی سەریەککەوتن بە ئاڕاستەی H و V، بەتایبەتی دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی ئێمە پێوانی H/V ئەنجام دەدەین. ئەم دەربڕینە بە دروستی دەربڕینی شەپۆل وەک کۆی بەشەکانی (Component) لە درێژی هەر جووتئاڕاستەیەکی ستوون لەسەر یەکە و ئێمە دەتوانین هەر کامیان گونجاوتر بێت بۆ بارودۆخەکە لەبەرچاو بگرین.

هەروەها دەتوانین تەورەکانی مەرجەع بەپێی تاقیکردنەوەکە بگۆڕین، بۆ نموونە، لە وێنەی ٢:٧ ئێمە دۆخی بنچینەیی و دۆخی سەرچاوەیی 45^{o} وەک سەریەککەوتنی h و v کە تێک دەڕمێت بۆ h و v لەبەرچاو گرتووە، کە وا بوو دەکرێت h و v وەک سەریەککەوتنی 45^{o}+ و 45^{o}-، پێش ئەنجامدانی پێوانەکان، دەربڕین.

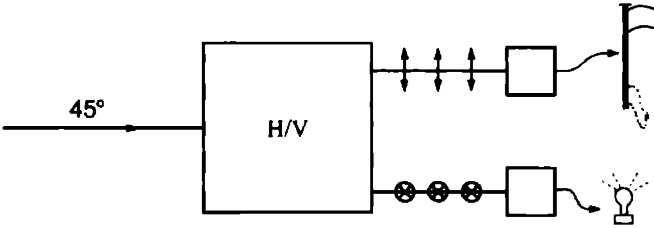
چەمکی سەریەککەوتن ڕۆڵێکی گرنگ لە گەنگەشەکانی داهاتوومان دا دەگێڕێت، هەر بۆیە گرنگە تێبگەین واتای چییە؛ دووبارە جەخت لە پێش پێوان دەکەینەوە، فۆتۆنێکی جەمسەرگیراو، تۆ بڵێی 45^{o} بەگوێرەی ئاسۆ، جەمسەرگیرییەکەی نە ئاسۆییە نە ستوونی، ئەمە سەریەککەوتووی هەردووکیانە. پرسیاری ئەوەی "ئایا بە ئاسۆیی یان ستوونی جەمسەرگیراوە؟" بێمانایە و شیاوی وەڵامدانەوە نییە، بە

هەمـان ڕێـگە بێواتـایە بپرسـین کە شـەپۆلێکی 45° جەمسـەرگیراوی ئاسۆیی یان ستوونی بووە. بە هەرحاڵ، دوای پێوان دۆخی تەنۆلکەکە دەرووخێـت بـۆ یەکێـک لە جەمسـەرگیرییەکانی h یـان v، بـۆیە پرسـیارەکەی سـەرەوە ئێسـتا ئیتـر مانـای دەبێـت و دەکرێـت وەڵام بدرێتەوە. بەوەی کە لە کـام کەنـاڵەوە فۆتـۆنەکە دێـتە دەرەوە. پـێش ئەوەی ئەمە ئەنجـام بـدرێت بە تەواوەتـی، بێواتـایە جەمسـەرگیریی $+45^{\circ}$ یـان -45° بدرێت بە فۆتۆنێک، ئێمە دەتـوانین شـرۆڤەکە تەنیـا بەوە بکەیـن کە لە سـەریەککەوتنی $\mp45^{\circ}$دایە. دەبێـت وەبیرتـان بهێنمەوە کە دەکرێت گشـتاندن بۆ چەمکی سـەریەککەوتن بکرێت بۆ هەر تایبەتمەندییەکی کوانتەمی؛ بۆ نمـوونە، تەنـۆلکەیەک لە دۆخێکی تەوژمـی (Measurement State) دیـاریکراو دەکرێـت وەک بـوونی لە سـەریەککەوتنێکی دۆخـی هەمـوو شـوێنە (Position) مومکینەکـان و بە پـێچەوانەوە. هەروەهـا دەبێـت لە بیرمـان بێـت کە ئەم شـیکارە، هەرچەنـدە نەریتیـانەیە، بە شێوەی جیهـانی پەسـەند نەکراوە و ئێمە دەبێـت هەنـدێک دەربڕینـی ئەلتەرنـاتیڤ دواتـر هەر لەم بەشـەدا پێشـکەش بکەیـن (مەبەسـتی نووسـەر لەوەی بە شـێوەی جیهـانی پەسـەند نەکـراوە، دەربڕینـی کۆپنهـاگنە، کە لە لایەن **ئاینشـتاین** و ژمارەیەک لە هاوبیرانی بە توندی ڕەخنە کرا).

ئێستا باسـی یەکێک لەو ڕێگەیـانە دەکەیـن کە لەودا فیزیـای کـوانتەمی بە قـووڵی ڕێـگە بـاوەکەی بیرکردنەوەمـانە؛ سـەبارەت بەو ڕێـگەی گەردوونـی فیزیـایی کـاری پـێ دەکـات، **گـۆڕی**، بەتـایبەت پرسـیاری لەسـەر جەبرگـرای ی(Determinism) دروسـت کـرد. کاتێـک فۆتـۆنێکی جەمسـەرگیراوی 45° دەگـات بە جەمسـەرگیرێکیH/V، ئێمە دەزانـین لەم کەناڵ یان لەو کەناڵیانەوە دێتە دەرەوە. بەڵام هـیچ ڕێگەیەک نییە پێمـان بڵێت لە کامیـانەوە دێـتە دەرەوە. ئەگەر ئەمە بێواتـا بێت، پـێش ئەوەی بێـتە نـاو ئـامێرەکەوە جەمسـەرگیرییەکی H/V بـدەین بە فۆتۆنەکە، تەنیا دەکرێت بگەین بەو ئەنجامەی، ئەنجـامی پێوانەکـان بە

تەواوەتـی خـۆبەختە. ئەنجـامی پێوانەکـان (بـۆ نمـوونە ئەو کەنـاڵەی فۆتۆنەکان لێوەی دەردەچن) بە تەواوەتـی نەشـیاوە بـۆ پێشـبینیکردن. دەزانین ئەگەر ژمـارەیەکی زۆر فۆتـۆن هەبێت کە وا بوو لە هەر کـام لە کەناڵەکـانەوە نیوەیـان دەردەچێت، بەڵام ئەگەر لەسـەر یەک فۆتـۆن ورد ببینەوە، ڕەفتارەکەی بە تەواوەتـی هەڕەمەکی دەبێت. لە ڕاسـتیدا دەکرێت بڵێین تەنـانەت فۆتـۆنەکە نازانێت لەم کەنـاڵەوە دەبێت تێپەڕ ببێت! (هەرچەندە دەبێت ئاگەداری بەکارهێنانی ئەم زمانە بین). دەبێت ئاگەدارتـان بکەیـنەوە ئەم نەشـیاوبوون بـۆ پشـبینییە، بە هـۆی بـوونی فۆتۆنەکـانەوەیە و لە مـۆدێلی شـەپۆلی بەردەوامـدا دەرناکەوێـت. جەمسـەرگری H/V هەل دەدات بە نیـوەی شـەپۆلە جەمسـەرگیراوە ٤٥°ەکـان تـا لە هەر کـام لە کەناڵەکـانەوە تێپەڕ ببێـت و نابێـت گـوێ بـدەین بەوەی کـام نیـوە لە کـام کەنـاڵەوە تێپەڕ دەبێت؛ نـاڕوونی بە هۆی ئەوەوە دەردەکەوێت، کە فۆتـۆنێکی تـاک ناچـارە لەم کەنـاڵ یـان ئەوی تریان تێپەڕ ببێت.

بە هەرحـاڵ، هەرچەنـدەە ئەنجـامە ناڕوونەکـان لە ڕەفتـاری فۆتـۆنەوە دێت، گرنگە تێبگەین ئەمە لێرەدا تەواو نابێت. ئەگەر ئێمە یەک فۆتـۆنی جەمسەرگیراوی ٤٥° تێپەڕبوو لە ئامێری H/V لەبەرچـاو بگرین، ئەو ڕاستییەی دەرچوون لەم کەناڵ یان ئەوی تر بە شـێوەی هەڕەمەکییە، بە واتـای ئەوەیە کە ئـێمە نـاتوانین پێشـبینی بکەیـن کـام هەسـتەوەر ڕوداوەکە تۆمـار دەکـات. بەڵام کـرداری هەسـتەوەرێک ڕوداوێکـی مایکرۆسکۆپی نییە؛ ئەمە لە سـکێڵی گەورەی تـاقیگە یـان ڕوداوەکـانی ڕۆژانەدا کـار دەکـات. لە ڕاسـتیدا هـیچ هـۆیەک نیـیە بـۆچی نابێـت کرداری هەستەوەرەکان ببەسترێتەوە بە هەندێک ڕووداوی درامـاتیکی لە شێوەی داگیرسانی گڵۆپ یان هەڵکردنی ئاڵاوە.

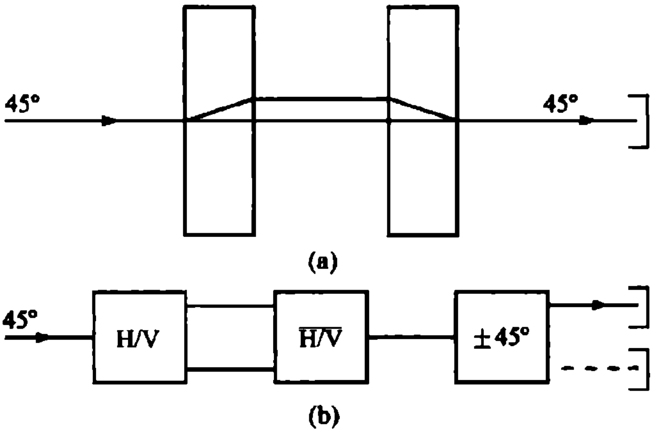


وێنەی ٢:٨: کەناڵێک کە فۆتۆن لێوەی تێپەڕ دەبێت، بە تەواوەتی خۆبەختە. فۆتۆنە دەرچووەکە، کە بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراوە، ئامێرێک دەخاتە کار کە ئاڵایەک بەرز دەکاتەوە، ئەوی تریان کە بە شێوەی ئاسۆیی جەمسەرگیراوە گڵۆپێک دادەگیرسێنێت، ئەوکات پێشبینیی ئەوەی کام یەک لەم دوو ڕووداوە بۆ بۆ فۆتۆنە لێکەوتەکە ڕوو دەدات، بە تەواوەتی نادیار و نەشیاو بۆ پێشبینییە.

هەر بەو جۆرەی لە بەشی یەکەم ئاماژەی پێ درا، ئەم ئەنجامەی فیزیای کوانتەمی کە لانیکەم هەندێک لە ڕووداوەکان نەشیاون بۆ پێشبینی، لەگەڵ دیدگای فیزیای کلاسیکدا کە بەگوێرەی ئەو ڕەفتاری گەردوون ملکەچی یاساکانی میکانیکە، لە دژبەیەکیدایە. بە شێوەی کلاسیکی وا وێنا دەکرێت، کە تەنۆلکەکان لە ژێر کاریگەریی هێزی دیاریکراودا دەجووڵێن و ئەگەر هەموو ئەم هێزانە لەگەڵ شوێن و خێرایی تەنۆلکەکان لە هەندێک کاتدا ناسرابێتن، ڕەفتاری داهاتووی هەر سیستەمێکی فیزیایی دەکرێت پێشبینی بکرێت. بۆ نموونە کاتێک ئێمە پارەیەکی ئاسن هەڵدەدەین، وا بیر دەکەینەوە ئەنجامەکە بە تەواوەتی هەڕەمەکییە، بەڵام ئێمە دەزانین لە ڕاستیدا بە هۆی ئەو هێزانەی کار دەکەنە سەری دیاری کراوە، سەرەتا زەربەیەک لە دەستمانەوە پێی دەگات و لە کۆتاییدا دەکەوێت لە زەوی. هەڵبەت هەژمارکردنی لەو شێوە تەنیا لە نموونەی سادەدا دەکرێت ئەنجام

بـدرێت. بەڵام بەپێـی پرەنسـیپ دەکرێـت پێشـبینیی ڕەفتـاری هەر سیسـتەمێکی فیزیـایی لە ڕێـگەی یاسـاکانی فیزیـا و مەرجە سـەرەتاییەکانەوە بکرێت. لە بەرامبەردا ئێمە دەربڕین بۆ پێوانەکانی کـوانتەمی دەکەیـن، وەک دەڵـێن لە بنەڕەتـدا ئەنجامەکـان شـیاوی پێشبینی نییە، وەک چۆن بۆ پێوانی جەمسـەرگری ٤٥° فۆتـۆنێکی h ئـێمە دیـدگای نەریتـی جەبرگەراییمـان فـڕێ دا. نادیـارکراوی (Indeterminism) و نادڵنیـایی (Uncertainty) بنچینـەی تیـۆرییەکەن، هەر بۆیە بەگشتی، تەنانەت ئەگەر دۆخی ئێستا بەتەواوەتی زانرابێت، ڕەفتـاری داهـاتووی سیسـتەمێکی فیزیـایی ناکرێت پێشـبینی بکرێـت. جەبەرگرایی **لاپلاسمان** وەبیربێتەوە، فیزیای کوانتەمی بۆ هەندێک لە لایەنەکـانی ئێسـتای دۆخێکـی فیزیـایی بەکـار دێـت، نەک بـۆ "ئەنجامەکانی ڕابردوو" و نە "هۆکاری داهاتووەکەی".

ئەم بەشـە بە ناسـاندنی جۆرێکی تر لە پێوانی جەمسـەرگیری فۆتـۆن کۆتـایی پـێ دەهێنـین و لە بەشـەکانی داهـاتوودا چەنـدین جـار بـۆی دەگەڕێینەوە. وەک لە وێنەی ٢:٩ پیشان دراوە، گورزەیەکی ڕوونـاکیی جەمسـەرگیراوی ٤٥° بە هـۆی جەمسـەرگری H/V دابەش دەبێت بـۆ بەشەکی ئاسۆیی و ستوونی، هەر بەو شێوەی کە پێشتر هەبوو، دوو گورزەی ڕوونـاکی دەنێردرێت بۆ سـەر کریسـتاڵێکی کالسیتی دووەم کە بە پێچەوانەی یەکەمەوە دانـراوە. ئێمە سـەرەتا دۆخێک لەبەرچاو دەگرین کە لەودا توندیی ڕوونـاکی بە ڕادەیەک بەهێزە کە دەکرێت بە دڵنیاییەوە مۆدێلی شەپۆلی بەردەوام بەکار بهێنین.



وێنەی ٢:٩: کریستاڵی جەمسەرگری بە شێوەی هێڵەکی لە (a) پیشان دراوە و لە (b) لە شێوەی بۆکسەکانی H/V و $\overline{H/V}$. ڕووناکی بە هۆی کریستاڵێکی کالسیتەوە دابەش دەبێت بۆ دوو بەشەک و بە هۆی کریستاڵێکی ترەوە کە ڕووەکەی پیچەوانەی یەکەمینە، یەک دەخرێتەوە. ئەگەر کریستاڵەکان زۆر بە وردی ڕێک خرابێتن، بە شێوەیەک درێژیی دوو ڕێچکەکەی تێپەڕیو لە ئامێرەکانەوە یەکسان بێت، ڕووناکیی دەرچوو لە لای ڕاستی $\overline{H/V}$ هەمان تایبەتمەندیی ڕووناکیی بەرکەوتوو لە لای چەپی H/Vی دەبێت. ئەمە تەنانەت بۆ فۆتۆنە تاکەکانیش ڕاست دەبێت، ئەم ڕاستییە قورسە لەگەل ئەو ئایدیایەی کە دەڵێت دۆخی جەمسەرگیریی فۆتۆن کاتێک لە جەمسەرگرێکەوە تێپەڕ دەبێت دەگۆڕێت، یەک بگرێتەوە.

یەکێک لە تایبەتمەندییەکانی شەپۆلە جەمسەرگیراوەکانی کریستاڵی کالسیت بریتییە لەوەی چونکە درێژەشەپۆلی ئەو گورزەی ڕاستەوخۆ لە کریستاڵەکەوە تێپەڕ دەبێت کەمێک لە درێژەشەپۆلی ئەوی تر بچووکترە، ئەو دوو شەپۆلەی لە کریستاڵەکەوە دەردەچن یەک

لەرەلەریان هەبووە، هەر بۆیە "هاوڕەوگە" دەبن. هەمان شتیش لە دووەم کریستاڵی دووەمدا ڕوو دەدات و ئەنجامەکە دەبێت بەوەی کاتێک دوو شەپۆلەکە پێکەوە کۆ دەبنەوە جەمسەرگیرییەکەشیان بۆ دووبارەدروستکردنەوەی شەپۆلی جەمسەرگیریی 45^{o} کۆ دەبێتەوە (بڕوانە وێنەی ٢:٣). دەکرێت وای دابنێین ئەمە جۆرێکە لە بەیەکداچوونی دروستکەر (Constructive)، وەک ئەوەی لە بەشی یەکەم سەبارەت بە تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری (Two-Slit) باسمان کرد. دەبێت وەبیرتان بهێنمەوە، هەرچەندە بۆ دروستبوونی بارودۆخی سەرەوە دەبێت تاقیکردنەوەکە بە وردی زۆرەوە دیزایین بکرێت، بە هەرحاڵ، ئەمە تاقیکردنەوەیەکی ڕاستەقینەیە و چەندین جار لە تاقیگە نوێیەکاندا دووبارە کراوەتەوە.
ئێستا وای دابنێین کە ئەو ڕووناکییەی هاتووەتە نێو ئامێرەکەوە بە ڕادەیەک لاوازە کە تەنیا یەک فۆتۆن لە هەر ساتێکدا لێوەی تێپەڕ ببێت. (لە ئێستادا ئێمە ئەگەری بوونی بگۆڕی شاراوە (Hidden Variable) فەرامۆش دەکەین- بڕوانە بەشی دواتر). بەپێی زانیارییەکانی پێشوو لەوانەیە بەم شێوە لەسەری قسە بکەین: تاقیکردنەوەی پێشوو پیشانیان داوە کە فۆتۆنێکی جەمسەرگیراوی 45^{o} تەنیا یەکێک لە دوو ڕێچکە مومکینەکەیH/V دەگرێتە بەر و هەر بۆیە کاتێک فۆتۆنەکە دەگات بە کریستاڵەکەی لای ڕاست هیچ شتێک نییە تا لەگەڵیدا یەک بگرێتەوە، هەر بۆیە هیچ ڕێگەیەک بۆ دروستکردنەوەی دووبارەی جەمسەرگیراوی 45^{o} نامێنێت، کە وا بوو بە هەڕەمەکی لە یەکێک لە کەناڵەکانی جەمسەرگری 45^{o} دێتە دەرەوە. بەڵام کاتێک ئەم تاقیکردنەوە ئەنجام بدرێت ئەنجامەکە پێچەوانە دەبێتەوە؛ ڕووناکی هەرچی لاوازیش بێت، دەبینرێت گورزەی دەرچوو ڕێک وەک گورزەی لێکەوتوو جەمسەرگیریی 45^{o}ە دەبێت. لەم بارەدا ڕووناکی بە شێوەیەک ڕەفتار دەکات وەک ئەوەی هەر کام لە فۆتۆنەکان دابەش دەبێت و هەردوو ڕێچکەکە دەبڕێت و

جارێکی تر لە کریستاڵەکە بە یەک دەگەنەوە. سەرەڕای ئەوە دەزانین ئەگەر لەجیاتی کریستاڵی دووەم، بەگوێرەی وێنەی ٢:٨ دوو هەستەوەر دابنرێت، بە دڵنیاییەوە دەبینین، کە فۆتۆنەکە لە یەکێک لە دوو کەناڵەکەوە تێپەڕ دەبێت نەک هەردووکیانەوە. لەم تاقیکردنەوەدا دۆخی فۆتۆنەکە بە ڕێگەیەک دادەڕمێت کە پێشتر قسەمان لەسەری کردووە. لە تاقیکردنەوەی دووبارەیەکخستنەوەدا (وێنەی ٢:٩) وا دەردەکەوێت هەر کام لە فۆتۆنەکان، دوای دەرچوون لە جەمسەرگری یەکەم لە هەردوو کەناڵەکەدا هەبن. وا دیارە بوونی هەستەوەرەکان دەبێت بە هۆی ئەوەی فۆتۆن لەم کەناڵ تێپەڕ ببێت یان ئەوی تر، نەک لە هەردووکیانەوە. بە هەرحاڵ، هیچ هۆکارێک نییە پێمان بڵێت نابێت هەستەوەرەکان زۆر لە یەکتری دوور بن، یەکێکیان دەکرێت لەوسەری تاقیگە یان تەنانەت لەوسەری جیهان بێت. سەرەڕای ئەوە ڕووناکی هاتووە ناو جەمسەرگری H/V، ناکرێت زانیاری هەبێت لەسەر جۆری ئەو ئامڕازەی (هەستەوەرەکان یان کریستاڵە یەکخەرەکان) کە دەچێتە ناوی و هەلی هاوئاهەنگبوونیان لە جەمسەرگرەکەدا بۆ پێوانی دواتر نامێنێت.

لەوانەیە خوێنەر بیر لە هەلێکی تر بکاتەوە: ئایا دەکرێت کاریگەریی کریستاڵی $\overline{H/V}$ جیاواز بێت لەوەی بیری لێ دەکەینەوە و لە ڕاستیدا هەموو فۆتۆنێکی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی یان ستوونی ب ەهۆی ئەم ئامڕازەوە ببێت بە فۆتۆنی ٤٥^{o}؟ دەکرێت ئەم ئایدیایە بە بەستنی ڕێگەی یەکێک لە گورزەکانی کریستاڵی H/V تاقی بکرێتەوە، بە شێوەیەک ڕووناکیی تێهاتووی کریستاڵەکە یان تەنیا بە شێوەی ئاسۆیی جەمسەرگیراو بێت یان بە شێوەی ستوونی. بەڵام ئەگەر ئەم کارە ئەنجام بدرێت، تێدەگەین کە جەمسەرگیریی سەرەتایی لە ناو دەچێت و فۆتۆنەکان بە شێوەی هەڕەمەکی لە یەکێک لە دوو کەناڵی جەمسەرگیراوی ٤٥^{o} دەردەچن. وا دیارە ئێمە ناچارین یەکێک لەم دوو ئەنجامە پەسەند بکەین، یان فۆتۆن هاوکات لە هەردوو کەناڵی

H/Vوە تێـپەڕ دەبێـت (بە لەبەرچـاوگرتنی ئەو ڕاسـتییەی کە تەنیـا تواناییمان هەیە یەکێک لە کەناڵەکان ببینـین) یـان ئەوەی ئەگەر فۆتـۆن لە یەکێـک لە دوو ڕێچـکەکەوە تێـپەڕ ببێـت، بە شـێوەیەک "دەزانێـت" ئەگەر لە کەنـاڵەکەی تـرەوە تێـپەڕ بـوایەت چـی ڕووی دەدا. ئەمە نمـوونەیەکی تـرە لە ئەنجـامە سـەیرەکانی تیـوری کـوانتەمی کە ئـێمە کاتێـک لە بەیەکـداچوونی دوو کەلەبەری لەگەڵـی بەرەوڕوو بـووین گەنگەشەمان لەسەری کرد.

بگۆڕە شاراوەکان (Hidden Variable)

گەنگەشـەکانمان تـا ئێسـتا لە چوارچێـوەی دەربـڕینە نەریتییەکـانی فیزیـای کوانتەمیـدا بـووە، بەڵام ڕێـگەی ئەلتەرنـاتیڤ بـۆ ڕەفتـاری کوانتەمی لەئارادایە؛ یەکێک لە گریمـانە بابەتەکـان (Postulate) بریتییە لەوەی تەنـۆلکە کوانتەمییەکـان جـگە لەو تایبەتمەنـدییانەی دەبینرێـت، هەنـدێک تایبەتمەندیی شاراوەشیان هەیە. بەم جۆرە هەرچەندە ئێمە ناکرێت بـزانین کە ئەنجـامی پێشـهاتی پێوانی$\mp ٤٥^o$ لەسـەر کەنـاڵی h چییە، بەڵام ئەمە بە واتای ئەوە نییە حەتمەن دەبێت دیـارینەکراو بێت. بە پێچەوانەی ئەوەی پێشتر گوتمان، زانیاری لەسەر ئەوەی لە پێوانی داهاتوودا دەکرێت چی پێش بێت، دەکرێـت تایبەتمەندیی فۆتـۆن بێت، بە هەمان ڕێگەی کە ئەنجـامی هەڵدانی پـارەیەکی ئاسـن تایبەتمەنـدیی دۆخـی پـارەئاسـنەکە و ئەو هێـزانەیە کە کـار دەکەنە سـەری. بە هەرحاڵ، لە باری کوانتەمیدا، هەرچەنـدەە لەوانەیە فۆتـۆنەکە "بزانێت" کە چـی بەسـەری دێـت، بەڵام ئەم زانیـارییە هـیچ کاتێـک ناگـات بە چاودێرەکە (بـۆ نمـوونە لێـی دەشـارێتەوە). ئەو تیۆرییـانەی ئەم ڕێگە دەگـرنە بەر ناسـراون بە تیۆرییەکـانی بگـۆڕی شـاراوە (Hidden Variable). ئێسـتا ئـێمە دوو ڕێـگەی جیاوازمـان بـۆ کـارکردن لەسـەر دیاردە کوانتەمییەکان هەیە: یەکێکیان وای دادەنێت فۆتـۆنە تاکەکـان لە جیهـانی فیزیاییـدا لە بنەڕەتـدا نادیـاریکراون (Indeterministic) (فۆتـۆن

نازانێت چیی لەگەڵ دەکرێت) لە کاتێکدا گریمانەی بابەتەکانی تر دەڵێن ئەوان دەزانن، بەڵام پیلان دەگێڕن بۆ ئەوەی زانیارییەکانیان لە ئێمە بشارنەوە. لەوانەیە هەر کام لە نزیکبوونەوەکان پێشبینیی یەکسان بۆ هەر تاقیکردنەوەیەکی ناسراو بکەن، بەڵام جیاوازییەکەیان فەلسەفی و میتافیزیاییە و شیاوی دەرخستن نییە. لەم بەشەدا، ئێمە قسە لەسەر نزیکبوونەوەی بگۆڕی شاراوە بە وردەکاریی زیاترەوە دەکەین و بەشەکە بە دەستنیشانکردنی هەندێک لەو پرسانەی لە تیۆرییەکانی بگۆڕی شاراوەوە دێتە دەرەوە کۆتایی پێ دەهێنین، هەندێک لەوان لە بەشەکانی داهاتوودا باسی دەکەین.

جارێکی تر تاقیکردنەوەکانی شرۆڤەکراو لە وێنەکانی ٢:٨ و ٢:٩ لەبەرچاو بگرە، ئەم جارە بە دیدی بگۆڕی شاراوەوە. ئێمە هەندێک تایبەتمەندیمان خستە سەر فۆتۆنی $+٤٥^o$ بۆ ئەوەی بڕیار بدات لە کام یەک لە کەناڵەکانی H/Vوە تێپەڕ ببێت، بەڵام لە هەمان کاتدا یادەوەرییەکەی وەک فۆتۆنێکی $+٤٥^o$ دەهێڵێتەوە. ئێمە ئێستا سەربەستین وای دابنێین کە دوای هەموو ئەمانە فۆتۆنەکە بە یەکێک لە دوو ڕێچکەکەی جەمسەگرەکەدا دەڕوات و ئەگەر هەستەوەرگەلێک لە ڕێچکەکاندا هەبێت، وەک ئەوەی وێنەی ٢:٨ یەکێکیان چالاک دەبێت. بە هەرحاڵ، ئەگەر دوو ڕێچکەکە بکەینەوە بە یەکتر و جەمسەرگیریی $\mp٤٥^o$ بپێوین، وەک لە وێنەی ٢:٩ دەبینرێت، بگۆڕە شاراوەکان دڵنیامان دەکەنەوە ئەوان هەمیشە لە کەناڵی ئەرێنیدا هەست پێ دەکرێن.

داڕشتنێکی کەمێک جیاوازی تیۆری بگۆڕە شاراوەکان بەندە لەسەر دەربڕینێکی تری دووسروشتیی شەپۆل-تەنۆلکە؛ لەجیاتی چارەسەری مۆدێلەکانی شەپۆل و تەنۆلکە وەک جێگرەوەی یەکتری، ئەم تیۆرییە پێشنیاز دەکات هاوکات هەردووکیان لە بارودۆخە کوانتەمییەکەدا هەبن. شەپۆلەکە بە پێچەوانەی شەپۆلی کارۆموگناتیسی ئیتر بە ڕاستەوخۆیی شیاوی هەستپێکردن نییە،

بەڵام ئەرکــی ڕێنمـــاییکردنی فۆتــۆنی لە ڕێگەکەیــدا و ڕیکخســـتنی جەمســـەرگیرییەکەی هەیە. هەر بەو هۆکـــارە زۆربەی جـــار وەک شـــەپۆلی ڕێـــبەر (Pilot) شـــرۆڤە دەکرێـــت. بەم هۆکـــارە فۆتـــۆنی جەمســـەرگیراوی ٤٥° دەگـــات بە جەمســـەرگری H/V و دەبینێـــت شەپۆلی ڕێبەر بووە بە دوو بەشەوە. بە هۆی شەپۆلەکەوە ئاڕاستە دەکرێــت بــۆ ئەم یــان ئەو ڕێچــکە و جەمســـەرگیرییەکەی بەپێــی شەپۆلەکە بۆ ڕێچکەکە ڕێک دەخرێت. شتێکی هاوشێوەش کاتێک لە کریســتاڵی یەکـخەرەوە تێپەڕ دەبێـت ڕوو دەدات: شـەپۆلی دەرچـوو جەمسەرگیرییەکەی ٤٥° ە (چونکە لە کۆی شـەپۆلە هاوڕێگەکانی H و V دروســت بــووە) و ئەم تایبەتمەنـدییە دەگـوازرێتەوە بـۆ فۆتـۆنی دەرچـوو. دووبـارە بگـۆڕە شـاراوەکان بەکـار دێـن بـۆ دروسـتکردنی شرۆڤەیەکی ڕاستەقینەی ئەنجامە بینراوەکان.

تیۆرییەکـانی بگـۆڕی شـاراوە هاوشـێوەی دووەم شـرۆڤەی سـەرەوە یەکەم جار لە لایەن **دۆبرۆیی**ەوە لە ساڵانی ١٩٣٠ەکاندا پێشکەش کرا و بە هۆی ژمارەیەک خەڵکی ترەوە پەرەی پێ درا، بەتـایبەتی فیزیـایی **دەیڤیـــد بـــۆهم** لەســـاڵانی ١٩٥٠ کـــان و ١٩٦٠کانـــدا. ئەوان ئەو هەنگاوانەیان پەرە پێ دا بۆ ئەوی ئەو ئەنجامـانەی فیزیـای کـوانتەمی نەریتـی بەرهەمـی دەهێنێت، جـارێکی تـر تیـۆرییە نـوێیەکە بەرهەمـی بهێنێتەوە. بە هەرحاڵ، تیۆرییەکانی بگۆڕی شـاراوش کێشـەی تـایبەت بە خۆیـــان هەیە، کە زۆر لە خەڵـــک پێیـــان وایە بە هەمـــان ڕادەی کـــوانتەمی نەریتـــی لە دیـــدی مەفهـــومییەوە ناپەســـەندە. ئەمە ئەو ڕاسـتییەش لەخـۆ دەگرێـت کە وردەکـاریی ماتمـاتیکیی تیۆرییەکـانی بگـــۆڕی شـــاراوە زۆر ئـــاڵۆزترن لەوانەی فیزیـــای کـــوانتەمی، کە زۆربەیان سادە و جوانن. سەرەڕای ئەوە لەوە دەچێت شەپۆلی ڕێبەر بە تەواوەتـی لە هـیچ کـام لە شـەپۆلەکانی بـوارە ناسـراوەکانی فیزیـا ناچێت: ئەم شـەپۆلە هەڵگری هـیچ وزەیەکـی تـایبەت بە خـۆی نییە، بەڵام کـاریگەریی لەسـەر ڕەفتـاری تەنۆلکەکـانی پەیوەندیـدار بە خـۆی

دادەنێت، کە لە سەرەتادا هیچ کاریگەرییەکی لەسەری نییە. کێشـەیەکی تـری تیۆرییەکـانی بگـۆڕی شـاراوە بـریتییە لەوەی ئەوان بەگشـتی بەرسڤی لۆکاڵیبوون (Locality) نـادەنەوە. بـۆ نمـوونە ڕەفتـاری فۆتـۆن دەبێت بە هۆی بگۆڕە شاراوەکان کە لەگەڵیدایە یان لە شـەپۆلیدایە، کە بۆ فۆتۆنەکە ڕوداوێک ڕوو دەدات، دەبێت بتوانێت دیاری بکات. بەڵام وەک دەرکەوتـووە هەمـوو جارێـک ئەم کـارەی پـێ ناکرێـت. بەتـایبەت هەندێک بارودۆخی پەیوەندیدار بە ڕەفتاری کوانتەمی جووتێک فۆتۆن کە بە بەکارهێنانی تیۆری لۆکاڵی بگۆڕە شـاراوەکان شـرۆڤە ناکرێت. کاتێک ئەم تیۆرییە بۆ یەکەم جار هـاتە ئـاراوە، هـیچ تـاقیکردنەوەیەکی ڕاستی بۆ لێکۆڵینەوە لە ڕەفتاری جووتە فۆتۆنە گرێدراوەکان لەئـارادا نەبوو، هەر بۆیە دەکرا لە وەها بارودۆخێکدا فیزیای کـوانتەمی هەڵە و تیۆری بگۆڕە شـاراوە لۆکاڵییەکـان راسـت بێت. ئەم هەلانە لە مـاوەی چەند دە ساڵی ڕابردوودا بابەتی ژمارەیەکی زۆر تـوێژینەوەی تیـۆری و تـاقیگەیی بـوون. بە هـۆی گرنگـی و ڕۆڵـی ڕۆشـنگرانەی ئەم بـابەتە لەسەر تێگەیشتنمان سەبارەت بە میکانیکی کوانتەمی، بەشی دواتر بـۆ شرۆڤەی ئەم کارە تەرخان دەکەین.

بەشی سێیەم
لە جووتێک فۆتۆندا چی شاراوەتەوە؟

گوتە بەناوبانگەکەی **ئاینشتایین**، "خودا زار هەڵنادات"، ئاماژەیە بە کاردانەوەی ژمارەیەکی زۆر لە خەڵک کە بۆ یەکەم جار ئەو ئایدیایانە دەبیستن کە لە بەشی پێشوو باسمان کردن. بۆچی ناکرێت ڕووداوەکانی داهاتوو بە تەواوەتی بە سەرنجدان بە بارودۆخی ئێستا پێشبینی بکەین؟ چۆنە هۆیەک دەکرێت دوو یان زیاتر ئەنجامی هەبێت؟ ئایا ئەوەی کە ڕووداوەکانی داهاتوو بە هۆی یاساکانی سروشتەوە دیاری ناکرێن، هەر کاتێک ڕووداوێکی کوانتەمی روو دەدات، هەندێک هێزی لەسروشتبەدەر (خودا) لەئارادا دەبن؟ پرسیاری لەم شێوە ژمارەیەکی زۆر لە خوێندکارانی فیزیا بە خۆیەوە سەرقاڵ دەکات، بەڵام زۆرینەیان ئەم پرسە مەفهوومییانە بە لایانەوە ئاسایی دەبێتەوە و دەڵێن "سروشت وا ڕەفتار دەکات" و ئایدیای فیزیای کوانتەمی لە خوێندن و توێژینەوەکانیاندا بەکار دەهێنن، بێ ئەوەی نیگەرانی ڕاستی و ناڕاستییە بنچینەییەکان بن. بە هەرحاڵ، هەندێک کەس هەرگیز ئەم شتانە، لانیکەم لە دژبەیەکییەکاندا، بە لایانەوە ئاسایی نابێتەوە. ئەوان بڕوایان وایە پرۆسە بنچینەییەکان، کە بنچینەی فیزیای گەردوون دروست دەکەن، دەبێت بە شێوەی جەبریانە (Deterministic) یان لانیکەم بە شێوەی واقعگەراییانەیی

عەینی (Realistic Objective) شرۆڤە بکرێن و تیۆرییەکانی بگۆڕی شاراوە سەرنجیان ڕادەکێشێت. **ئاینشتاین** یەکێک لەوان بوو، ئەو سەرسەختانە بە دژی ئەو تێڕوانینە ڕوو لە گەشەی سالانی ١٩٢٠ەکان و ١٩٣٠یەکان وەستایەوە، تێڕوانینەکان بە شێوەیەک بوو، جەبرگرایی و ڕیالیزمی عەینی دەکرا بە قوربانی بۆ ئەو سەرکەوتنانەی تیۆرییەکە لە ژمارەیەکی زۆر بارودۆخی کردەکیدا هەیبوو. بە هەرحاڵ و بە سەرسوورمانەوە گەورەترین بەشداریی **ئاینشتاین** بوو لە دەرخستنی ئەنجامە سەیرەکانی تیۆرییەکە، نەک شیکاریی زیرەکانەی بنچینەکانی. ئەمە لە شیکردنەوەیەکی ڕەفتاریی کوانتەمی سیستەمگەلێک کە هەڵگری دوو یان زیاتر تەنۆلکە بن و لەگەڵ یەکتریدا کارلێک دەکەن و لە یەکتری دوور دەخرێنەوە. **ئاینشتاین** توانیبووی پیشانی بدات لە هەندێک بارودۆخدا فیزیای کوانتەمی دەڵێت کە کارلێکی نالۆکاڵی (Non-Local) لە نێوان تەنۆلکە جیالەیەکەکاندا هەیە. ئەوان کاریگەری لەسەر یەکتری دادەنێن، تەنانەت ئەگەر هیچ کارلێکێکی ناسراو لە نێوانیاندا نەبێت (بڕوانە گەنگەشەکانی کۆتایی بەشی دووەم). بۆ چارەسەری ئەم بابەتە **ئاینشتاین** وای دانا هەموو تەنۆلکەیەک "توخمێکی هەقیقەت"ی زیادەی لەسەرە (کە ئێستا پێی دەڵێین بگۆڕی شاراوە). کاری دواتر پیشان دەدات کە هەر تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە، کە ئەنجامەکانی فیزیای کوانتەمی بەرهەم دەهێنێتەوە، لە ڕاستیدا ناچارە نالۆکاڵی (Non-Local) بێت. ئارگیومێنتە بنچینەییەکانی ئەم ئەنجامگیرییە لەم بەشەدا قسەیان لەسەر دەکرێت.

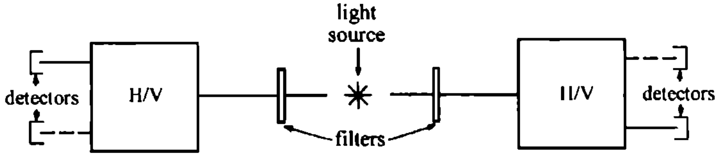
ئایدیاکانی **ئاینشتاین** لە گوتارێکی زانستیدا کە لەگەڵ هاوکارەکانی **بۆریس پۆدۆلسکی** و **ناسان ڕۆزن** نووسیبووی لە ساڵی ١٩٣٥ هاتە ئاراوە و بە هۆی پیتی یەکەمی ناوەکانیانەوە بە EPR ناسراوە. ئارگیومێنتەکانی ئەوان لە چوارچێوەی دووسروشتیی شەپۆل-تەنۆلکە (Wave–Particle Duality)دا بوو، بەڵام لە ساڵی ١٩٥١ **دەیڤید**

بۆهم پیشانی دا کە ئەمە دەکرێت بە بەکارهێنانی پێوانی بگۆڕەکان، هاوشێوەی جەمسەرگیریی فۆتۆنەکان ئەنجام بدرێت (لە ڕاستیدا گوتارەکەی بۆهم پەیوەندیی بە پێوانی تەوژم بە گۆشە (Angular Momentum) یان بادراو (Spin)ی ئەتۆمەکانەوە هەیە). بە هەرحاڵ, دەرکەوتووە کە هەردووی پێوانی تاقیگەیی و پێشبینیی تیۆریی لەسەر سپینی تەنۆلکە بە کردەوە یەکسانە بەو کارانەی لەسەر جەمسەرگیریی فۆتۆن دەکرێت، زۆر ڕوونتر ببێتەوە، کە لەودا ئەنجامەکان سنووردار دەبن بە ژمارەیەکی کەم بڕی ڕێگەپێدراو.

بۆ تێگەیشتن لە پرسی EPR، ئێمە چڕ دەبینەوە لەسەر سیستمێکی فیزیایی کە پێک هاتووە لە ئەتۆمگەلێک، کە لەواندا گواستنەوە (Transition) لە دۆخێکی وروژاوەوە بۆ دۆخێکی زەمینی، بە دەردانی دوو فۆتۆنی پشتەسەریەک ڕوو دەدات (بڕوانە بەشی یەکەم). درێژەشەپۆلی دوو فۆتۆنەکە جیاوازن، هەر بۆیە ئەوان پەیوەندیدارن بە دوو ڕەنگی جیاوازەوە، تۆ بڵێ سوور و سەوز، بەڵام گرنگترین تایبەتمەندی بریتییە لە ئاڕاستەی جەمسەرگیرییەکەیان، کە هەمیشە ستوونە لەسەر یەکتری. ئەگەر فۆتۆنی سوور بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراوی تەخت بێت، کە وا بوو فۆتۆنە سەوزەکە جەمسەرگیرییەکەی ئاسۆیی تەختە، یان ئەگەر یەکێکیان لە جەمسەرگیریی $+45^{o}$ بەگوێری ئاسۆ بێت ئەوی تر لە جەمسەرگیریی -45^{o}دایە. هەڵبەت هەموو ئەو ئەتۆمانەی جووتفۆتۆن دەردەکەن خاوەنی ئەم تایبەتمەندییە نین، بەڵام هەندێکیان هەن، وەک لە داهاتوودا دەبینین تاقیکردنەوە لەسەر ئەم سیستەمانە بە تەواوەتی کردەکییە.

بە چیدا دەڵێین کە ئاڕاستەی جەمسەرگیرییەکان هەمیشە ستوونن لەسەر یەکتری؟ وەڵامێک بریتییە لەوەی تیۆری کوانتەمی ئەتۆمەکان وەهای دەوێت، بەڵام هۆکارێکی گرنگتر بریتییە لەوەی ئەم تایبەتمەندییە دەکرێت ڕاستەوخۆ بپێورێت. ڕێکخستنی پیشاندراو لە

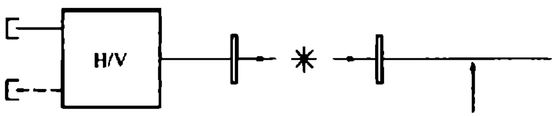
وێنەی ٣:١ لەبەرچاو بگرە، سەرچاوەیەک کە بریتییە لەو ئەتۆمگەلەی کە جــووتەی فۆتــۆن لە خۆیــان دەردەکەن، یەک لەوان ڕوونــاکیی سوور و ئەوی تر ڕووناکیی سەوز دەردەدات. هەر کام لەم تیشکانە بەرەو جەمسەرگری H/V، لەو جۆرەی لە بەشی پێشوودا باسی لێوە کــــرا، دەنێردرێــــت. دەرچووەکــــان لە هەردوو کەنــــاڵەکەی جەمسەرگرەکەوە بە هۆی هەستەوەری فۆتۆنەوە چاودێری دەکرێن. توندیی ڕوونـاکی وا ڕێـک دەخرێـت بە ڕادەی پێویسـت نـزم بێـت و هەستەوەرەکانیش هێندە خێرا کار دەکەن، کە بتوانن دوو فۆتۆنەکە بە شـێوەی جیـاواز لەیەک دەربـخەن. کاتێـک ئـامێرەکە دەخـرێتە کـار، دەبینرێــت لەگەڵ دەرکەوتنــی فۆتــۆنێکی h لە لای چەپەوە لە هەر ساتێکدا، فۆتۆنێکی v لە لای ڕاستەوە دەردەکەوێت و بە پێچەوانەوە. هەڵــــبەت ئەم ئەنجــامە پەیوەنــــدیی بە جــــۆری ڕێکخســــتنی جەمســــەرگرەکانەوە نیــــیە و ئەگەر دوو جەمســــەرگرەکە بە هەر گۆشەیەک بخولێنەوە، ئەنجامەکە هەمان شت دەبێت. بۆ نموونە ئەگەر ئەوان بـۆ پێـوانی $\mp ٤٥^{o}$ ڕێـک بخـرێن، فۆتـۆنێکی چەپـگەڕی $+٤٥^{o}$ هەمیشە لەگەڵ فۆتۆنێکی ڕاستگەڕی -٤٥^{o} دەبێت و بە پێچەوانەوە. جـووتفۆتۆنەکـان دۆخێـک لەو جـۆرەی کە پێـی دەگوترێـت گیـرۆدە (Entangled) دروست دەکەن.



وێنەی ٣:١: لە هەندێک دۆخدا دەکرێت ئەتۆمەکان جووتەیەکی فۆتـۆن یەک لە دوای یەک دەربـدەن. دوو فۆتـۆنەکەی هەر جووتێـک لە دوو ئاڕاســـتەی جیـــاوازدا لە یەکتـــری دوور دەکەونەوە، چـــونکە درێژەشەپۆلەکانیان جیاوازە، دەکرێـت بە تێپەڕانـدنی ڕوونـاکییەکە لە

فلتەری گونجاوەوە، بناسرێنەوە. لە ڕێکخستنی پێشاندراو لە سەرەوەدا ئامێری لە لای ڕاست جەمسەرگیریی یەکێک لە دوو فۆتۆنەکە و ئەوی تریان لە لای چەپ تۆمار دەبێت. هەر کاتێک فۆتۆنی لای ڕاست بە جەمسەرگیریی ئاسۆیی تۆمار کرا، ئەوەی لای چەپ دەبێت بە ستوونی و بە پێچەوانەوە.

لەوانەیە ئەم کارە زۆر سەرڕاست دەربکەوێت، بەڵام ڕێکخستنی وێنەی ٣:٢ لەبەرچاو بگرە، ئەمە هەر وەک ئەوەی پێشووە، بەو جیاوازییەوە کە جەمسەرگر و هەستەوەرەکانی لای ڕاست لابراون، چونکە پێویستمان پێیان نییە.



وێنەی ٣:٢: چونکە دەزانین جەمسەرگیرییەکانی جووتێک فۆتۆن هەمیشە ستوونن لەسەر یەکتری لای ڕاستی ئامێرەکەی وێنەی ٣:١ پێویست نییە. هەر کاتێک جەمسەرگیریی لای ڕاست ستوونی بێت، دەکرێت بگەین بەو ئەنجامەی لفەکەی (کە لەو خاڵەوە تێپەڕ دەبێت، کە بە تیرئاسا پیشان دراوە) دەبێت ئاسۆیی بێت و بە پێچەوانەوە. بەڵام ئەگەر پێوانێکی کوانتەمی، دۆخی تەنە پێوراوەکە بگۆڕێت، چۆن ئامێری لای چەپ دەکرێت کاریگەری لەسەر جەمسەرگیریی لای ڕاست، کە لە مەودای چەند مەتریدایە، دابنێت؟

ئەگەر جەمسەرگیریی لای چەپ هەمیشە ستوون بێت لەسەر ئەوەی لای ڕاست، کە وا بوو جەمسەرگیریی لای ڕاست دەکرێت بەبێ پێوان دیاری بکرێت. بە واتایەکی تر، کرداری پێوانی جەمسەرگیریی لای چەپ پێوانی جەمسەرگیریی لای ڕاستیش لەخۆ دەگرێت. بەڵام

کەمێک ڕابوەستە، ئەم کارە تەنیا کاتێک بە تەواوەتی ڕاستە، کە پێوانەکان بەپێی کلاسیکی نەریتی بێت، بەڵام وەک لە بەشی پێشوودا بینیمان، کە تایبەتمەندیی گرنگیی پێوانی کوانتەمی بریتییە لەوەی کە کرداری پێوان کاریگەری لەسەر سیستەمەکە دادەنێت. ئێمە نازانین جەمسەرگیریی فۆتۆنی لای چەپ پێش پێوان چەندە، بەڵام مەحاڵە ئەم جەمسەرگیرییە بە وردی ئاسۆیی یان ستوونی بێت. لەوانەیە جەمسەرگر ئاڕاستەی جەمسەرگیریی فۆتۆنی لای چەپی بە شێوەیەک گۆڕی بێت، کە ئێستا بە هەڕەمەکی جەمسەرگیریی h یان v‌ی هەبێت، بەڵام ئەم ئامێرە چۆن دەتوانێت کاریگەری لەسەر ئەوەی لای ڕاست، کە لە کاتی پێوانەکردنی فۆتۆنی لای چەپ لە لایەکی تری تاقیگەدایە، ڕێک لەو کاتەدا، پێوانەکان دەکرێت دابنێت؟

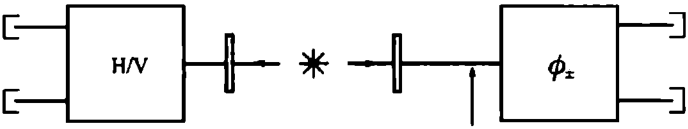
ئەگەر ئەو ئایدیایەی کە ئامێرەکەی پێوان لەسەر فۆتۆنێکی دوور کاریگەری دادەنێت پووچ بکەینەوە، چۆن دەکرێت ئەم ڕاستییە شرۆڤە بکەین، کە هەمیشە فۆتۆنەکان جەمسەرگیرییەکەیان ستوونییە؟ ڕێگەیەکی مومکین بریتییە لەوەی ئایدیای کوانتەمی نەریتی کە دەڵێت پێوانەکان هەڕەمەکی و پرۆسەیەکی نادڵنیاین وەلا بنێین و تیۆری بگۆڕە شاراوە دڵنیاکەرەکان بەکار بهێنین (بڕوانە بەشی دووەم). ئەمە پێمان دەڵێت کە ئەنجامی هەر پێوانێک بە هۆی تایبەتمەندییە شاراوەکانی فۆتۆنەکانەوە دیاری دەکرێت. کە وا بوو هەموو فۆتۆنێک هەڵگری زانیاریی لەپێشدادانراوە، کە کاتێک کارلێک لەگەڵ جەمسەرگردا، لە هەر ئاڕاستەیەکدا بێت، دەکات، دەزانێت دەبێت چی بکات. دەبێت پێویست بکات هەر چەشنە جەمسەرگیرییەکی ڕاستی پێش ئەوەی دەربخرێن، جووتە فۆتۆنەکەی کە لە سەرەوە قسەمان لەسەر کردووە، هەمیشە لە کەناڵە دژبەیەکەکانی دوو جەمسەرگری ستوون لەسەر یەک دەردەچن. لەوە دەچێت کە تایبەتمەندییەکانی جووتێک فۆتۆن بەڵگەی بەهێز بۆ تیۆری بگۆڕی شاراوەی جەبەرگەرا بەو شێوەی لە بەشی دووەمدا باسی لێ

کراوە دەخاتە بەردەست. ئەنجامی پێوانی جەمسەرگیریی فۆتۆن دیاریکراو دەبێت و هەموو فۆتۆنێک پێش ئەوەی بچێتە ناو جەمسەرگرەکەوە، "دەزانێت دەبێت چی بکات".

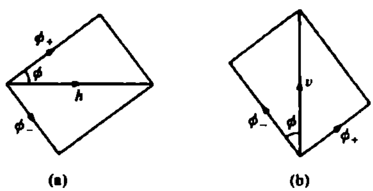
ئەم ئەنجامە هاوشێوەی ئەو شتەیە **ئاینشتاین** و هاوکارەکانی لە کارە بنچینەییەکەیاندا پێی گەیشتوون، کە ناونیشانەکەی بریتییە لە *ئایا دەکرێت شرۆڤەی میکانیکی کوانتەمی هەقیقەتی فیزیایی تەواو بێت؟* ئەگەر ئامێری لای چەپ لەسەر دۆخی فۆتۆنی لای ڕاست کاریگەری دانەنێت، ئەو کات تاقیکردنەوەی دامەزراوی وێنەی ٣:٢ دەبێت تایبەتمەندییەکی فۆتۆنی لای ڕاست بەبێ تێکدانی سیستەمەکە بپێوێت. تەنانەت ئەگەر ئەم تایبەتمەندییە خودی جەمسەرگیرییش نەبێت، دەبێت پەیوەندیی بە بگۆڕێکی شاراوەوە هەبێت، کە ئەنجامی پێوانی جەمسەرگیری دیاری دەکات. بۆیە پێویستە ئەم بڕە هەقیقی (Real) بێت، هەر وەک چۆن **ئاینشتاین** دەڵێت: "ئەگەر بکرێت بەهای بڕێکی فیزیایی بەبێ ئەوەی سیستەمەکە تێک بدرێت، بە دڵنیایی پێشبینی بکرێت (واتە بە ئەگەرەکەوە)، کە وا بوو توخمێکی هەقیقەتی فیزیایی گرێدراو بە بڕێکی فیزیاییەوە لەئارادایە."

ئەو ئارگیومێنتەی سەرەوە بەگشتی دەکرێت ڕاست بێت، ئێمە دەبێت وای دابنێین دەکرێت تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە، کە شرۆڤەی هەموو ئەو تاقیکردنەوانە دەکات، کە لەسەر جووتێک فۆتۆن دەکرێت ئەنجام بدرێت. ئێمە دەبێت نە تەنیا نموونەی دوو جەمسەرگری ستوون لەسەر یەک، بەڵکو دەبێت بارودۆخی گشتیی تر حیسابی بۆ بکەین- وەک ئەوەی جەمسەرگرێک H/V بێت و ئەوی تر لە $\mp 45^o$ دابێت. کاتێک ئەمە ئەنجام دەدەین، دەبینین هیچ تیۆرییەکی بگۆڕەی شاراوەی لۆکاڵی (Local Hidden-Variable Theory) نییە بتوانێت هەموو ئەنجامەکانی فیزیای کوانتەم بەرهەم بهێنێتەوە. تا ڕادەیەک ئەمە پەیوەندیی بە تاقیکردنەوەوە هەیە بڕیار بدات، کە پێشبینییە

کوانتەمییەکان یان ئەوەی تیۆرییەکانی بگۆڕە شاراوەکان کامیان پەیوەندیی بە هەقیقەتەوە هەیە.
بارودۆخە گشتییەکە بریتییە لەوەی جەمسەرگیریی لای چەپی H/V وەک پێشوو بپێوین، بەڵام ئێستا ئیتر پێوانی ئاڕاستەی فۆتۆنی دووەم هاوڕێک و ستوون لەسەر ئاڕاستەیەکە کە گۆشەی φ لەگەڵ ئاڕاستەی ئاسۆییدا دروست دەکات، وەک چۆن لە وێنەی ٣:٣ پیشان دراوە. ئێمە سەرەتا شیکاری ئەم تاقیکردنەوە بە تیۆری کوانتەمی ئاسایی دەکەین و ئەو گۆمانانە فەرامۆش دەکەین کە لەسەر کردار لە ڕێگەی دوورەوە (Action at a Distance) لەئارادایە. لەم تێڕوانینەوە خێرا دەردەکەوێت جەمسەرگیریی فۆتۆنی لای چەپ یەکێک لە دۆخەکانی v یان hی دەبێت، ئێمە وای دادەنێین ئەم تاقیکردنەوەیە بە ژمارەیەکی گەورە (تۆ بڵێی N) جار دووبارە دەبێتەوە، ئەوەی ئێمە چاوەڕێ دەکەین بریتییە لەوەی N/٢ جار لە هەر کام لە کەناڵەکانی جەمسەرگری H/Vوە تێپەڕ دەبێت. ئێمە پێمان وایە بۆ هەر فۆتۆنێکی v کە لە لای ڕاستدا هەستی پێ دەکرێت، فۆتۆنێک لە لای ڕاست پێش ئەوەی بگات بە ئامێرەکە بە شێوەی ئاسۆیی جەمسەرگیراوە. ئێمە دەتوانین ژمارەی ئەوانەی کە چاوەڕوان دەکرێت لە کەناڵێکی ئەرێنیی ئامێری φ دەربچن هەژمار بکەین (واتا بەگوێرەی ئاسۆیی بە گۆشەی φوە جەمسەرگیراون) ئێمە ئەمە ناو دەنێین ژمارەی $n(v,\varphi_+)$ و بە هۆی وێنەی ٣:٤ و ئەو تیۆرییەی لە بەشی دووەمدا باسمان کرد، ئێمە دەبینین ئەمە یەکسانە بە $\frac{N}{٢}cos^٢\varphi$ بە هاوشێوەیی ژمارەی دەرچوو لە کەناڵەکەی ترەوە یەکسانە بە $\frac{N}{٢}sin^٢\varphi$.



وێنەی ٣:٣: پێشبینییەکانی فیزیای کوانتەم بۆ جووتێک فۆتۆن دەکرێت بە هـۆی پێـوانی جەمسـەرگیریی H/V یەکێـک لە فۆتۆنەکـان و جەمسەرگیریی $\varphi_\mp$ ئەوانی تر تاقی بکرێتەوە (واتە جەمسەرگیراوە بە شێوەی هاورێک یان ستوون لەسەر ئەو ئاڕاستەی گۆشەی φ لەگەڵ ئاسۆدا دروست دەکات). ئەگەر پێوانی لای چەپ، فۆتۆنی لای ڕاست بخاتە دۆخێکی تایبەتی HVوە، دەکرێت ئەگەری پێوانەکانی دواتری $\varphi_\mp$ هەژمار بکرێت.



وێنەی ٣:٤: ئەگەر فۆتۆنی لای چەپ بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراو بێت، لە تیۆری کوانتەمییەوە دەگەین بەو ئەنجامەی فۆتۆنی لای ڕاست جەمسەرگیراوی ئاسۆییە. ئەگەر جەمسەرگیریی $\varphi_\mp$ ژمارەی N/٢ دانە لەم فۆتۆنانە بپێورێت، ژمارەی ئەو فۆتۆنانەی جەمسەرگیرییەکەیان φ_+ە گرێدراو بە دووجای بەشەکی φ_+ی بواری کارەبایی شەپۆلی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی دەبێت. لە وێنەی (a)وە دەگەین بەو ئەنجامەی ئەم ژمارەیە، واتە $n(v,\varphi_+)$، دەبێت یەکسان بێت $\frac{N}{2}\cos^2\varphi$. لە کاتێکدا ژمارەی فۆتۆنی دەرچوو لە کەناڵی φ_-وە، واتە $n(v,\varphi_-)$ یەکسان دەبێت بە $\frac{N}{2}\sin^2\varphi$ بە ڕێگەی

هاوشـــێوە لە وێـنـەی (b)وە دەگـەیـن بەو ئەنجـامەی $n(v,\varphi_+) =$ $\frac{N}{٢}sin^٢\varphi$ *و* $n(v,\varphi_) = \frac{N}{٢}cos^٢\varphi$.

دەتـوانین ئـارگیومێنتێکی هاوشێوە بۆ جووتێک فۆتـۆنی لای چەپ کە بە ئاسـۆیی جەمسـەرگیراوە، بەکـار بهێنـین و ئەنجـامەکە بە شـێوەی ژێرەوە کورت بکەینەوە:

$$n(v,\emptyset_+) = \frac{N}{٢}cos^٢\varphi$$
$$n(v,\emptyset_) = \frac{N}{٢}sin^٢\varphi$$
$$n(v,\varphi_+) = \frac{N}{٢}sin^٢\varphi$$
$$n(v,\varphi_) = \frac{N}{٢}cos^٢\varphi$$

دیـارە لە تێپەڕبوونـدا کـۆی ژمارەکـان لە کەنـاڵی ئەرێنیـدا، واتە $n(v,\varphi_+) + n(h,\varphi_+)$ لەگەڵ کـۆی ژمارەکـانی کەنـاڵی نەرێنیـی φ دا، واتە $n(v,\varphi_) + n(h,\varphi_)$ یەکسـانە و بـریتییە لە$\frac{N}{٢}$، چـونکە پێشـتر وا گریمانەمـان کـردووە، کە ئاڕاسـتەی جەمسـەرگیریی ڕەهـای جووتێـک فۆتـۆنی دەرچـوو لە سـەرچاوەوە بە شـێوەی هەڕەمەکـیـە، ئەمە ئەو شتەیە چاوەڕیی دەکەین.

بیردۆزی بێل (Bell's Theorem)

تەنگەژەی نزیکبـوونەوەی بگۆرە شـاراوەکان بریتـی بـوو لە نەبـوونی تیـۆرییەک کە هەمـان پێشـبینییەکانی کـوانتەم لە سـەرەوە بەرهەم بهێنێتەوە. بە سەرنجدان بە پرەنسیپەکانی تیۆرییە بگۆڕی شـاراوەکان کە لە کۆتایی بەشی دووەمدا باسمان کرد، وا دادەنرێت هەر فۆتۆنێک کۆمەڵێـــک تایبەتمەنـــدیی هەیە، کە دیـــاری دەکـــات لە کـــاتی

بەرەوڕووبوون لەگەڵ بارۆدۆخی هەر تاقیکردنەوەیەکدا دەبێت چی بکات. بۆ نموونە، فۆتۆنێک کە جەمسەرگیرییەکەی بە هۆی جەمسەرگرێکی H/V وە بە h دەپێورێت و بە هۆی جەمسەرگری ∓٤٥° وە بە +٤٥° هەموو ئەم تایبەتمەندییە شاراوانەی پێش و پاش هەر پێوانێکی هەیە. هەروەها ئێمە دەمانەوێت وای دابنێین لۆکاڵیبوون (Locality)، کە واتای ئەوەیە هیچ کام لە نیشانەکانی دراو بە یەکێک لە ئەندامەکانی جووتەی فۆتۆن ناکرێت بکەوێتە ژێر کاریگەریی کردارێکەوە، کە تەنیا لە لای ئەوی تریانەوە بێت، پیشان دەرێت کە ئەمە نامومکینە. ساڵی ١٩٦٤ **جان بێل**، فیزیاییەک کە لە سێرن نزیکی ژنێڤ کاری لەسەر تەنۆلکە سەرەتاییەکان (Elementary Particles) دەکرد، پیشانی دا هیچ تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە لەئارادا نییە، کە دڵنیامان بکاتەوە لۆکاڵیبوون (Locality) و جەبرگرایی (Determinism) توانای ئەوەی هەیە ئەنجامەکانی فیزیای کوانتەمی بۆ تاقیکردنەوە دوو فۆتۆن بەرهەم بهێنێتەوە. ئەمە دەستکەوتێکی تیۆریی گرنگ بوو، کە بزوێنەری سەرەکیی توێژینەوە تیۆری و تاقیگەییەکان لەم ٤٠ ساڵەی دواییدا بووە (دوایین چاپی ئەم کتێبە، بە پێداچوونەوەوە، دەگەڕێتەوە بۆ ساڵی ٢٠٠٤. هەڵبەت توێژینەوە لەسەر ئەم بوارە گەرمە ئێستاش بەردەوامە). هەر بۆیە ئەم بەشە دادەنێین بۆ سەلماندنی بیردۆزی بۆر. خوێنەرێک کە ئارەزووی لە سەلماندنی ماتماتیکی نییە و ئەنجامەکە هەر وا دەپەژرێنێت، دەتوانێت ڕاستەوخۆ بچێتە سەر بەشی دواتر، واتا بەشی تاقیکردنەوەکان و درێژە بە خوێندنەوە بدات.

جارێک جیهانی فیزیای کوانتەمی بەجێ دەهێڵین و ئەم یارییەی ژێرەوە دەکەین؛ پارچەیەک کاغەز هەڵبگرە و و سێ دانە لە نیشانەکانی + و – ی بە هەر ڕیزبەندییەک ئارەزووت لێیە دابنێ، لە دواییدا سێ نیشانەی تری + و – لە ژێر ئەوانەی سەرەوە بنووسە/ ئەم کارە هێندە دووبارە بکەرەوە تا دەبێت بە ١٠ بۆ ٢٠ هێڵ، کە هەر

کامێکیان تەنیا هەڵگری یەکێک لە ئەم سێ نیشانەن. نموونەیەکی ئەم شێوازە لە خشتەی ژێرەوەدا دەبینرێت:

h	ϕ	θ
+	+	−
+	−	+
−	+	−
+	−	+
−	+	+
−	−	+
+	−	−
−	+	−
+	+	+
−	+	−
−	−	+
+	+	−
+	−	+

سێ ستوونی خشتەکە بە θ و h و $\emptyset$ دیاری بکە. قۆناغی دواتر بریتییە لەوەی لە خشتەکەدا ئەو هێڵانەی کە نیشانەی هەردووکیان h و$\emptyset$یە و بریتییە لە +، بژمێرە و ئەو ژمارە ناو بنێ $n(h = +, \emptyset = +)$. لە نموونەی سەرەوەدا ئەم ژمارە یەکسانە بە ٣. ئەم جارە ژمارەی سەرەوە بۆ دۆخێک دیاری بکە کە نیشانەکانی $\emptyset$ و θ بە ڕیز – و + بێت، واتە $n(\theta = +, \emptyset = -)$. ژمارەی ئەمە لەسەرەوە

٥ دانەیە. لە کۆتاییـــدا $n(h=+,\theta=+)$ بەدەســـت بهێـــنە، واتە ژمارەی ئەو جووتانە بدۆزەرەوە، نیشانەی هەردووی h وθ ، + بێت.
ئەم ژمـارەیە لەسـەرەوە ٤ دانەیە. ئێسـتا دوو ژمـارەی سـەرەوە کۆ بـکەرەوە و کـۆکە ژمـارەی سـێیەمی لـێ دەربـکە. ئەگەر بە دروسـتی کـارەکەت ئەنجـام دابێت، دەبینـی وەڵامەکەت هەمیشـە گەورەتـر یـان یەکسان دەبێت بە سفر.

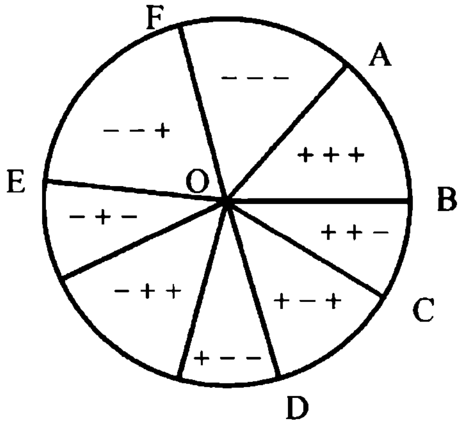
$$n(h=+,\emptyset=+)+n(\theta=+,\emptyset=-)-n(h=+,\theta=+)\geq ٠$$

لە نمـوونەکەی ئـێمەدا ئەمە دەبێـت بە $٣+٥-٤\geq ٠$ کە بە ڕوونـی ڕاستە. دەتوانی جارێکی تر هەوڵ بدەیت بۆ ئەوە سێ دانەیەکی + و - بـدۆزیتەوە کە ملکەچـی ئەو پەیوەنـدییەی سـەرەوە نەبێـت؛ سەرکەوتوو نابی، نامومکینە.
بـۆ سـەلماندنی ئەوەی پەیوەنـدیی سـەرەوە دەبێـت بـۆ هەمـوو کۆمەڵەیەک لە ژمارەکانی ئەم جۆرە ڕاست بێت، سـەیری هێڵکاریی کێکیی وێنەی ٣:٥ بکە. هەموو برێکی θ و$\emptyset$ و h کە دەکرێت یەکێک لە دوو بەهای + یان - هێڵەکان لە خشتەکەدا لەخۆ بگرێت.
دەبێت بکەویتە یەکێک لە هەشت پارچەکەی کێکەکەوە، قەبارەی هەر پـارچەیەک پیشـاندەری ژمـارەی جارەکـان کە هـێڵەکە لە خشـتەکەدا دەردەکەوێـت. ئێسـتا ئیتـر دەبێـت ڕوون بێـت، کە هەمـوو بڕەکـانی نایەکسـانییەکەی سـەرەوە بە کـۆکردنەوە دوو پـارچە کێـک پیشـان دەدرێن. بەم شێوە:

$$n(h=+,\emptyset=+)=\text{پارچە } AOB+\text{پارچە } BOC$$

$$n(\emptyset=-,\theta=+)=\text{پارچە } COD+\text{پارچە } EOF$$

$$n(h=+,\theta=+)=\text{پارچە } AOB+\text{پارچە } COD$$



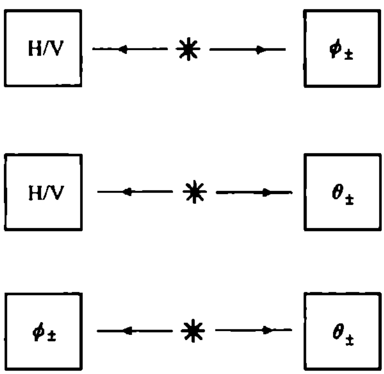
وێـــنەی ٣:٥: پارچەکـــان لە هێڵکـــاریی کـــێکەکە ژمـــارە ســـیانییەکانی جۆرەکە پیشان دەدات. ئەرێنییەکان و نەرێنییەکان بە ڕیز دەگەڕێنەوە بۆ h و $\emptyset$ و θ.

بە سەرنجدان لە وێنەی ٣:٥، دەبینین لای چەپی نایەکسانییەکە تەنیا بریتییە لە کۆی پارچەکانیBOC و EOF، کە دەبێت ژمارەیەکی موجەب (یان سفر) بێت و ئەمە ئەنجامێکە کە دەبێت هەبێت.

بەڵام ئەم شتانەی دۆزیمانەوە چی پەیوەندییەکیان بە تایبەتمەندیی جووتەی فۆتـۆنەوە هەیە؟ سەرەتا با وای دابنێین دەتوانین بەشەکەکانی جەمسەرگیریی فۆتۆن لە سێ ڕەهەنددا، بەبێ تێکدان (سیستەمەکە) بە ڕێگەیەک بپێوین. دەکرێت ئەنجامەکە یەکێک لەم سێ بارە بێت: (*i*) هاوڕێک یان ستوون لەسەر ئاسۆ (*ii*) هاوڕێک یان ستوون لەسەر ئاراستەی $\emptyset$ بەگوێرەی ئاسۆیی (*iii*) هاوڕێک یان ستوون لەسەر ئاراستەی θ بەگوێرەی ئاسۆ. لە هەر کام لەو بارانەی سەرەوەدا ئەگەر بۆ ئەنجامی هاوڕێک نیشانەی + و بۆ ئەنجامی ستوونی نیشانەی − دابنێین و تاقیکردنەوەکە چەندین جار دووبارە

بکەینەوە ئەنجامەکە کۆمەڵێک ژمارە دەبێت ڕێک وەک ئەوەی لە سەرەوە باسمان کرد و پاساوی پەیوەندییەکە دەدات.

هەڵبەت ناکرێت ئەمە بە ڕاستەوخۆیی ئەنجام بدەین، چونکە بەپێی ئەو شتانەی لە بەشی دووەمدا باسمان کردن، هەلی پێوانی سێ بەشەکیی فۆتۆنێک لەئارادا نییە بەبێ ئەوەی کاریگەری لەسەر بەشەکێکی تر دانەنێت. بە هەرحاڵ، ئەگەر وای دابنێین تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە هەیە، دەکرێت بەهاکان بۆ هەر کام لە دوو لە سێ بەشەک، بە پێوانەکردن لەسەر جووتەی فۆتۆنی گیرۆدە (Entangled) بدۆزرێتەوە، لە بیرتان نەچێت کە جەمسەرگیریی هەردوو ئەندامێکی جووتفۆتۆنی گیرۆدە دەبێت ستوونلەسەریەک بن. بۆ نموونە با بگەڕێینەوە بۆ وێنەی ٣:٣، ئەگەر یەکێک لە جووتەکان بۆ نموونە لە لای چەپ بە *V* بپێورێت ئەوی تر لەلای ڕاست لە $\emptyset = +$ دەبێت، کە وا بوو دەگەین بەو ئەنجامەی فۆتۆنی لای ڕاست لە کۆمەڵەی $(h = +, \emptyset = +)$دا دەبێت. ئێستا سێ تاقیکردنەوەی جیا لە یەکتر وەک لە وێنەی ٣:٦ دیارە لەبەرچاو بگرە.



وێنەی ٣:٦: بۆ سەلماندنی بیردۆزی بێل، سێ کۆمەڵەی جیاوازی پێوان لەسەر جووتەکانی فۆتۆنی گیرۆدە لەبەرچاو دەگرین، جەمسەرگرەکان لەو ئاڕاستەی پیشان دراون جێگیر کراون.

هەر تاقیکردنەوەیەک لەسەر کۆمەڵێکی جیاواز ئەنجام دەدرێت، بەڵام هەڵگری هەمان ژمارەی فۆتۆنی ئامادەکراون. لە سەرەتادا، H/V لە لای چەپ دەپێورێت و $\mp \emptyset$ لە لای ڕاست. لە دووەم دانەدا H/V لە لای چەپ دەپێورێت و $\mp \theta$ لە لای ڕاست، بەڵام لە سێیەم دانەدا $\mp \emptyset$ و $\mp \theta$ دەپێورێت. یەکەم تاقیکردنەوە لەبەرچاو بگرە، ئەگەر جەمسەرگیریی فۆتۆنی لای چەپ بە v بدۆزرێتەوە، ئەگەر H/V لە لای ڕاست بپێورێت، بە دڵنیاییەوە جەمسەرگیریی لای ڕاست بە h دەپێورێت. بەڵام لە لای ڕاست ئێمە، لە ڕاستیدا جەمسەرگیریی$\mp \emptyset$مان پێواوە. لە ئەنجامدا ژمارەی جووتەکان $n(v,\emptyset+)$ کە فۆتۆنی لای چەپ جەمسەرگیرییەکەی بریتییە لە جەمسەرگیریی v و جەمسەرگیریی فۆتۆنی لای ڕاستی کە هاوڕێکە بە ئاراستەی $\emptyset$ یەکسانە بە $n(h=+,\emptyset=+)$، کە بەپێی پێناسەی سەرەوەیە و بەکار دەهێنرێت بۆ فۆتۆنەکانی لای ڕاست. کە بریتییە لە $n(v,\emptyset +) = n(h=+,\emptyset=+)$ کۆمەڵەی تاقیکردنەوەی دووەم و سێیەم بە ڕێک هەر بەو شێوە ئەنجام دەدرێن

$$n(v,\theta +) = n(h=+,\theta=+)$$ و

$$n(\emptyset+,\theta +) = n(\emptyset=-,\theta=+)$$

ڕاستەوخۆ لەم پەیوەندییەیانەوە و ئەنجامگیرییەکەی کە لە یارییەکەوە دەستمان کەوت، دەتوانین پێشبینی لەسەر ئەنجامی پێوانەکان بە شێوەی ژێرەوە بکەین:

$$n(v,\emptyset +) + n(\emptyset+,\theta +) + n(v,\theta +) \geq \cdot$$

ئەمە ئەو پەیوەندییەیە کە پێی دەڵێن نایەکسانیی بێڵ، ئەگەر ئەمە بکەین بە قسە ئاوایە:

١. ئەگەر ئێمە سێ تاقیکردنەوە بۆ پێوانی جەمسەرگیریی ژمارەیەکی زۆر جووتفۆتۆن ئەنجام بدەین، کە لەودا تەوەری جەمسەرگیرییەکەی جەمسەرگرەکانی لای ڕاست و

لای چەپ بـــریتین لە: لە یەکەم تـــاقیکردنەوەدا، ســـتوونی و دروستکردنی گۆشـەیەکی $\emptyset$ لەگەڵ ئاسۆدا دروسـت دەکات، لە دووەمدا، ستوونی و گۆشـەیەکی θ لەگەڵ ئاسۆدا دروسـت دەکات، لە سێیەمدا بە ڕیز گۆشـەی $\emptyset$ و θ بەگوێرەی ئاسـۆ بـۆ هەر کـام لە لای چەپ و ڕاسـت دروسـت دەکـات، کە وا بوو:

٢. کـۆی ژمـارەی جووتەکـان، کە فۆتـۆنی لای چەپ لە کەنـاڵی Vوە تێـــدەپەڕێت و فۆتـــۆنی لای ڕاســـت لە کەنـــاڵی +وە تێدەپەڕێت لە دوو تـاقیکردنەوەی یەکەمـدا هەمیشـە گەورەتـر دەبێـــت لە کـــۆی ژمـــارەی جـــووت ئەرێنیـــیە دەبڵەکـــانی تاقیکردنەوەی سێیەم، بەو مەرجەی کە:

٣. ئەنجـامی تاقیکردنەوەکـان بە هـۆی بگـۆڕە شـــاراوەکانی فۆتۆنەکان دیاری بکرێت و دۆخی هیچ فۆتۆنێک لە دوورەوە نەکەوێتە ژێر کاریگەریی ئامێرێک کە بۆ فۆتۆنەکەی تـر ڕێک دەخرێت.

خـــاڵێکی گرنـــگ کە ئامـــاژەی پـــێ بکرێـــت، ســـێ تـــاقیکردنەوەکە ســـەربەخۆکەنن لە یەکتـری. نـۆ نمـوونە ئەوان لەســـەر کـۆمەڵەی جووتفۆتۆنی جیاواز ئەنجام دراون، گریمانەیەکی گرنگ، کە پێویستە بە تیـۆری بگـۆڕە شـــاراوەکانەوە بـریتییە لەوەی ئەگەر ئەو شـــتەی پێواومانە بۆ کۆمەڵەی یەک بریتی بێت لە $n(v, \theta +)$ (کە لە ڕاسـتیدا ئـێمە $n(v, \emptyset +)$ پێـواوە) هەمـان ئەنجاممـان دەبێـت ئەگەر پێـوان لەســـەر کـۆمەڵەی دوو ئەنجـام بـدەین (وای دادەنـین کە ژمـــارەی جووتەکـان لە هەر کۆمەڵەیەکـدا بە ڕادەی پێویســـت گەورە هەیە کە جیـاوازیی ئامارییـان بچـووک بێـت). ئەمە نمـوونەیەکە لەو شـــتەی ناسـراوە بە دژەڕاسـتیی ڕوون (Counterfactual Definiteness)، کە واتـای قسـەکردنە لەسـەر ئەو ڕوداوانەی کە ڕوو نـادات، بەڵام ئەگەر بـــارودۆخەکە جیـــاواز بـــوایەت ڕووی دەدا. دژەڕاســـتیی ڕوون،

ئەنجامێکی ڕوونی تیۆرییەکی بگۆڕی-شاراوەی جەبرگرایی لۆکاڵییە (Local Deterministic Hidden-Variable Theory)، بەڵام ئەمە دەکرێت خاڵێکی شیاوی گەنگەشە لە چوارچێوەی ڕوونکردنەوەکانی تری فیزیای کوانتەمدا بێت.

ئێستا.با بزانین ئایا تیۆری کوانتەمی لەگەڵ نایەکسانیی بێڵدا دەگونجێت: دەربڕینی تیۆری کوانتەمی بۆ $n(v,\emptyset +)$ بریتی دەبێت لە $N/٢Cos^{٢}\emptyset$، بە هاوشێوەیی بۆ$n(v,\theta +)$ یەکسان دەبێت بە $N/٢Cos^{٢}\theta$. بۆ دۆزینەوەی پەیوەندییەک بۆ $n(\emptyset+,\theta+)$، دەبینین ئەگەر تەوەری هەڵبژێردراو بە ڕادی گۆشەی $\emptyset$ بسووڕێنینەوە، ئاڕاستەی$+\emptyset$ بەرامبەر دەبێت بە ئاڕاستەی ئاسۆیی نوێ و ئاڕاستەی$+\theta$ دەبێت بە ئاڕاستەی $\theta - \emptyset$ بۆ ئەمە. بەم هۆیە:

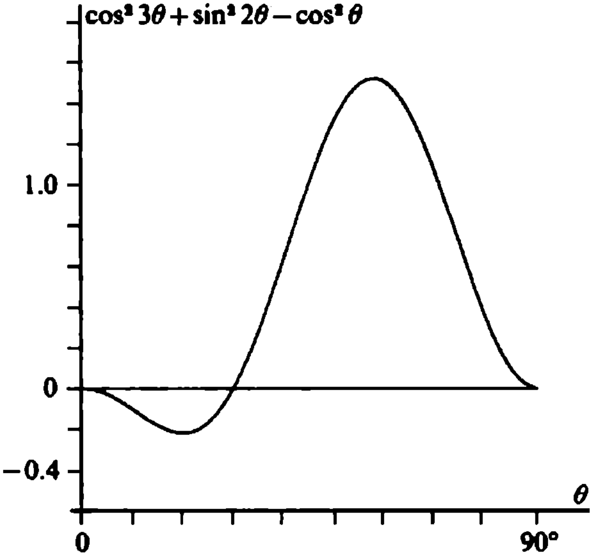
$$n(\emptyset+,\theta +) = n(h,(\theta - \emptyset) +) = \frac{N}{٢} sin^{٢}(\theta - \emptyset)$$

ئەمە دەمانگەیەنێت بەو ئەنجامەی کە نایەکسانیی بێڵ و فیزیای کوانتەمی لەگەڵ یەکتریدا دەگونجێن، ئەگەر و تەنیا ئەگەر بۆ هەموو بڕەکانی$\emptyset$ وθ ئەمە ڕاست بێت.

$$cos^{٢}\emptyset + sin^{٢}(\theta - \varphi) \geq cos^{٢}\theta$$

لە لایەکی ترەوە بۆ سەلماندنی ئەوەی کە فیزیای کوانتەمی لەگەڵ نایەکسانیی بێڵدا ناگونجێت تەنیا پێویستە پیشان بدرێت هاوکێشەی سەرەوە بۆ هەندێک هێندەی $\emptyset$ وθ ڕاست نییە. باشترە بارێکی تایبەتی $\emptyset$ =θ ٢ لەبەرچاو بگرین، ئەوکات لای چەپ دەبێت بەمە: $cos^{٢}٢\theta + sin^{٢}٢\theta - cos^{٢}\theta$. وێنەی ٢:٧ ئەم دەربڕینە وەک نەخشەیەک لە θ پیشان دەدات، دەبینرێت هەر چەند بیردۆزی بێڵ بۆ هەندیک بڕی θی گەورەتر لە ٣٠° پلە ڕاستە، بەڵام بە ڕوونی بۆ گۆشەی نێوان٠° و ٣٠° ڕاست نییە. لە باری تایبەتی وەک $\theta = ٢٠^{\circ}$ واتە $\emptyset = ٦٠^{\circ}$، دەربڕینەکە یەکسانە بە ٠,٢٢- کە بە ڕوونی نایەکسانیی بێڵ پێشێل دەکات. ئێستا لە بارودۆخێکداین کە دەتوانین

بیردۆزی بێڵ باس بکەین، کە بریتییە لە هیچ تیۆرییەکی بگۆڕی-شاراوە ناکرێت ئەنجامەکانی میکانیکیی کوانتەمی بۆ هەموو تاقیکردنەوەکان دووبارە بکاتەوە.



وێنەی ٣:٧: ئەگەر فیزیای کوانتەم لەگەڵ بیردۆزی بێڵدا بگونجێت، دەبێت هاوکێشەی $cos^{٢}٣\theta + sin^{٢}٢\theta - cos^{٢}\theta$ بۆ هەموو بڕەکان سفر یان ئەرێنی بێت، ئەم هێڵکارییە پیشان دەدات کاتێک θ لە نێوان ٠ و ٣٠^{o}دایە و انییە.

کە وا بوو ئێمە بە ناچاری دەگەین بەو ئەنجامەی کە یان فیزیای کوانتەمی بە دروستی پێشبینیی ئەنجامی پێوانی جەمسەرگیریی جووتفۆتۆن ناکات، یان یەکێک لەو گریمانانەی بیردۆزی بێڵی لەسەر بەندە ناڕاستە. بەڵام بە ڕادەیەکی زۆر ئەم گریمانەیەک بنچینەییە. ئێمە بە سادەیی گوتوومانە کە پێشهاتی پێوانی جەمسەرگیریی فۆتۆنێک ناکرێت بە ڕێگەیەک بکەوێتە ژێر کاریگەریی ئامێرێکی

دامەزراوی دووریـــی تـــر (بـــۆ نمـــوونە چەنـــد مەتـــر ئەولاتـــر) کە ئەنجامەکـانی ئەم پێوانەیە بە هـۆی هەنـدێک تایبەتمەنـدیی شـاراوەی فۆتـۆنەکەوە دیـاری کرابێت. تەنیـا گریمـانەی تـر بـریتییە لە هەنـدێک ڕێسای لۆجیکی و ماتماتیکی! یەکەم جێگرەوە کە فیزیای کوانتەمی بۆ نمـــوونەی جـــووتفۆتـــۆن هەڵەیە، دەکرێـــت بە تـــاقیکردنەوە تـــاقی بکـــرێتەوە، هەر بـــۆیە زۆر جـــێگەی سەرســـووڕمانە، کە ئـــامێرەکەی بیـــردۆزی بێـــڵ لە کۆتـــایی ســـاڵانی ١٩٦٠دا بـــوو بە هـــۆی چەنـــدین تاقیکردنەوەی وروژێنەر و سەرنجڕاکێش لەم بوارەدا.

تاقیکردنەوەکان

لەوانەیە وا بیر بکرێتەوە کە سەرکەوتنی تیۆری کوانتەمی بە پانتـایی هەموو دیاردە فیزیاییەکان، مانـای ئەوە بێت کە پێشتر پێشبینییەکانی بیـــردۆزی بێـــڵ بە ئاشـــکرا بە هـــۆی ئەو تـــاقیکردنەوانەی پـــێش بڵاوبـــوونەوەی لە ســـاڵی ١٩٦٩، ئەنجـــام دراون، هەڵســـەنگاندنی بـــۆ کرابێت. بۆ نمـوونە، هـاوڕاییەکی نایـاب لە نێوان هەژمارکردنەکـان و تایبەتمەنـــدییە بینراوەکـــانی هیلیـــۆم، کە ئەتۆمەکـــانی هەڵگـــری دوو ئەلیکتـــــرۆنن، هەبـــــووە، کە لەوانەیە وا بیـــــر بکـــــرێتەوە بـــــۆ تایبەتمەندییەکانی جووت تەنۆلکە گیرۆدەکـان (Entangled) هەمـان شـــتە. بە هەرحـــاڵ، بە زوویـــی دەرکەوت هـــیچ هەڵســـانگاندنێکی ڕاستەوخۆ بۆ ئەم جۆرە تایبەتەی گرێدراوی کە هەڵگری نایەکسـانیی بێڵ بێت، لە ڕاستیدا پێشتر ئەنجام نەدراوە. هەندێک نموونە لە ڕێگەی پەرەسەندنی فیزیادا هەبوون، کە بە هەڵە وایـان زانیبوو، کە دەربڕینە تیۆرییەکـان تـاقی کـراونەتەوە و کاتێـک تـاقیکردنەوەیەکی ڕاســتی ئەنجـام درا دەرکەوت تیـۆرییە پەســەندکراوەکە هەڵەیە. (نمـوونەیەک لەمە دۆزینەوەکانی ساڵانی ١٩٥٠ بوو کە هەندێک پرۆسـە لە فیزیـای تەنۆلکە بەند بوو لەسـەر پـاریتی (Parity) (بۆ نموونە چەپگەر یـان ڕاستگەر) سیستەمەکە). بەم شێوە تەنانەت هەرچەندە ژمارەیەکی کەم

فیزیایی گومانیان لەسەر دروستی فیزیای کوانتەم هەبوو، بەڵام گرنگ بوو کە هەڵسەنگانێکی ڕاستەوخۆ بۆ بیردۆزی بێڵ بکرێت.

بە هەرحاڵ، بە زوویی دەرکەوت کە چەندین کێشەی کردەکیی قورس ناهێڵێت تاقیکردنەوەی ڕاستەوخۆ بۆ هەڵسەنگاندنی نایەکسانیی بێڵ لەو شێوەی سەرەوەدا بکرێت. چونکە بەتایبەتی هیچ جەمسەرگر و هەستەوەرێکی فۆتۆن چوستییەکەیان لە سەدا سەد نەبوو، کە واتای ئەوە بوو ژمارەیەکی بەرچاو لە فۆتۆنە دەرچووەکان بە ڕاستی تۆمار نەدەکران. سەرەڕای ئەوە، ئەم ناچوستییە دەکرێت بەند بێت لەسەر چنینی جەمسەرگیرەکان، هەر بۆیە پشکەشکردنی سەلماندن بە شێوەی کرداری، کردەکی نەبوو. زیاتر کارکردن لەسەر ئەم پرسە گەیشت بە دەرکەوتنی فۆرمێکی نوێی بیردۆزی بێڵ، کە ئەم تەنگەژانەی نەبوو، کە بەند بوو لەسەر هەندێک گریمانەی زیاتر. ئەمە بە ڕوونی ئەم گریمانەشی لەخۆ دەگرت، کە تێپەڕبوونی ڕووناکی لە جەمسەرگرێکەوە تەنیا دەکرێت توندییەکەی داببەزێنێت و هەرگیز بەهێزی ناکات.

نایەکسانیی بێڵ گشتاندنی بۆ کرا و بەم ڕێگە تاقیکردنەوەیەکی لەخۆ دەگرت کە لەودا پێوانەکان بە چوار ئاڕاستەی ڕێژەیی لە جەمسەرگرەکان ئەنجام دەدرا لەجیاتی ئەو سێ دامەزراندنەی سەرەوە. ئێمە لێرە قسە لەسەر سەلماندنەکەی ناکەین، بەڵام تەنیا بە سادەیی باسی ئەنجامەکەی دەکەین:

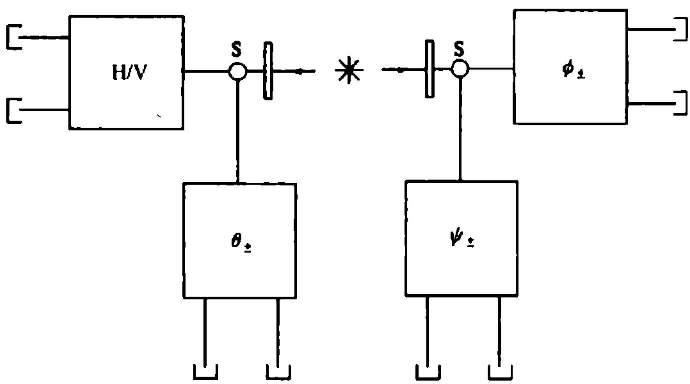
$$n(v+,\emptyset +) - n(v+,\Psi +) + n(\theta+,\emptyset +) + n(\theta+,\Psi +) \leq n(\theta +) + n(\emptyset +)$$

لێرەدا جەمسەرگری لای چەپ دەکرێت بۆ پێوانی جەمسەرگریی H/V یان جەمسەرگیری بە گۆشەی θ بەگوێرەی ئاسۆ و دوو جەمسەرگر لە لای ڕاست بە جەمسەرگیریی $\emptyset$ و Ψیەوە. ژمارەکانی لای چەپ لە نایەکسانیی سەرەوە دەگەڕێنەوە بۆ ژمارەی جارەکانی فۆتۆن کە هاوکات لە کەناڵەکانی ئامێرەکەدا تۆمار کراون، لە کاتێکدا ژمارەکانی

لای ڕاست دەگەڕێنەوە بۆ ئەو پێوانانەی کە یەکێک لە جەمسەرگرەکان نەبێت: بەم شێوە $n(\theta +)$ ژمارەی ئەو جارانە پیشان دەدات فۆتۆنێک لە کەناڵی $\theta +$ لای چەپ دەردەکەوێت، لە هەمان کاتدا فۆتۆنی لای ڕاست بەبێ بوونی هیچ جەمسەرگرێکەوە تۆمار دەکرێت، هەروەها $n(\emptyset +)$ بە ڕێگەی هاوشێوە بۆ باری کاتێک جەمسەرگری لای چەپ لابرابێت، پێناسە دەکرێت.

ڕوونە بۆ دەستکەوتنی داتاکانی هاوکێشەی سەرەوە دەبێت شەش تاقیکردنەوە ئەنجام بدرێت و کاتی تاقیکردنەوەکانیش یەک شت بێت، هەر بۆیە ژمارەی جووتفۆتۆنەکانی بەشدار لە تاقیکردنەوەکەدا لەگەڵ یەکتریدا یەکسانە.

بیردۆزی گشاندنپێکراوی بێل تایبەتمەندییەکی گرنگی تریشی هەیە، کە لێرەدا بەبێ سەلماندن باسی دەکەین. ئەم تایبەتمەندییە نە تەنیا لە تیۆرییە جەبرگراکان، بەڵکو لە ژمارەیەکی زۆر تیۆری بگۆڕی شاراوە، کە شانس و ڕێکەوتی تێدایە وەک مۆدێلی شەپۆلی ڕێبەر کە لە کۆتایی بەشی دووەمدا باسمان کرد.



وێنەی ٣:٨: لە تاقیکردنەوەی ئاسپێکت (Aspect) بۆ هەڵسەنگاندنی پێشبینییەکانی بیردۆزی بێل سەبارەت بە پێوانی جەمسەرگیری جووتفۆتۆنەکان، جەمسەرگیری H/V یان $\theta_{\mp}$ی لای چەپ و

جەمسەرگیریی $\emptyset_{\mp}$ یان $\Psi_{\mp}$ لە لای ڕاست، دەپێورێن. سویچەکانی سەروودەنگ بە ڕادەیەک خێرا کار دەکەن، کە ئەگەری ئەوەی فۆتۆنەکان بکەونە ژێر کاریگەریی ئامرازی دوورتر لەئارادا نییە، مەگەر ئەوەی ئەم کاریگەرییانە بە خێرایی زیاتر لە خێرایی ڕووناکی بجووڵێن. ئەنجامی ئەم تویژینەوانە لەگەڵ پێشبینییەکانی فیزیای کوانتەمدا دەگونجێت، بەڵام لەگەڵ هیچ تیۆرییەکی بگۆڕی شارەوەدا ناگونجێن.

ئەگەر نایەکسانییە کە گشتاندن بۆ کراوەکەی بێڵ پووچەڵ بکرێتەوە، هەر چەشنە تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە کە لۆکالّی بێت، دەبێت فڕێ بدرێت. ژمارەیەک تاقیکردنەوە بۆ هەڵسەنگاندنی بیردۆزی بێل و یەکنەگرتنەوەکەی لەگەڵ تیۆری کوانتەمی، بە شێوەی سەرەوە یان بە هاوشێوەی لە سالّی ١٩٧٠وە ئەنجام دراوە. هەرچەندە تاقیکردنەوەیەکی سەرەتایی ئەنجامی گونجاو لەگەڵ بیردۆزی بێڵ و دژ بە میکانیکیی کوانتەمی دروست کرد، هەموو ئەوانی تر (بە دووبارەکردنەوەی تاقیکردنەوەی سەرەتاییشەوە) لەگەڵ پێشبینییەکانی کوانتەمدا دەگونجاون و دژ بوون بە نایەکسانیی بێڵ. ژمارەیەکی زۆر لە خەڵک ئەم تاقیکردنەوانەیان ئەنجام دا، بەڵام گرنگترینیان کە لە پازدە ساڵی ڕابردوودا و زۆر دوای دۆزینەوە (چاپی پێداچوونەی دووەمی ئەم کتێبە ساڵی ٢٠٠٤ە) ئەنجام دراوە لە لایەن **ئالەین ئاسپێکت**ەوە بووە لە *فەڕەنسا*. بەتایبەتی تاقیکردنەوەکەی ساڵی ١٩٨٢ی لە سەرەوە ڕوون کراوەتەوە؛ گۆشەکان بریتی بوون لە:

$$\theta = ٤٥^{\circ};\ \varphi = ٦٧\frac{١}{٢}^{\circ}\ ;\Psi = ٢٢\frac{١}{٢}^{\circ}$$

ئەگەر ئەنجامی ئەم تاقیکردنەوەیە لە هاوکێشەی سەرەوەدا دادەنرێت، دەردەکەوێت کە لای چەپ لە جێی ئەوەی بچووکتر لە لای ڕاست

بێــت، بە ڕادەی N٠,١٠١ لەو گەورەتــرە، کە لێــرەدا N بــریتییە لە ژمــارەی جــووتە فۆتۆنەکــان لە هەر کــام لە تاقیکردنەوەکانــدا. هەژمارکردنی هەمان بڕ (بە لەبەرچاوگرتنی چوستی هەستەوەرەکان) ئەنجـامی N٠,١١٢ دەدات بەدەســتەوە. هەڵەکـانی تـاقیکردنەوەکە بە ڕادەیەکــی وا گەورە هەن، کە ئەنجــامە کوانتەمییەکــان پشتڕاســت بکاتەوە و بە ڕادەی پێویستیش بچووک هەیە بیردۆزی بێڵ پووچەڵ بکاتەوە.

تـاقیکردنەوەکەی **ئاسـپێکت** تایبەتمەنـدییەکی سەرنجڕاکێشـی تریشـی هەیە، ئەم تایبەتمەنــدییە لە وێــنەی ٣:٨ پیشـــان دراوە. لەم وێــنەدا دەبینرێت کە لە هەر لایەک بە بەکارهێنانی جەمسەرگری جیاواز، دوو پێـوانی جەمســەرگیری ئەنجـام دەدرێـت، کە هەمیشــە لە ئاڕاســتەی جیــــاوازدان، فۆتۆنەکـــان لە لایەن ئـــامێری Sوە بـــۆ پێـــوانی جەمسەرگیریی گونجـاو بۆ یەکێک لە جەمســەرگرەکان دەنێردرێن. لە ڕاستیدا ئەم سـویچانە بە هـۆی شــەپۆلی ســەرووەدەنگ بە لەرەلەری بەرزەوە کـار دەکەن، بە شـێوەیەک پێوان لە کەناڵێکەوە بۆ کەناڵێکی تـر بە خێرایـی ســەد ملیـۆن جـار لە چـرکەدا دەگۆڕێـت! ئەم گـۆڕانی خێراییە ئەنجامێکی گرنگی لێ دەکەوێتەوە. لە بیرتان بێت لە سەرەتای ئەم باسـەدا پیشـانمان دا چـۆن ئەنجامەکـانی کـوانتەم لەم ڕاستییەوە دەســت دەکەون، کە فۆتـۆنی لای ڕاســت بە ڕواڵەت دەکەوێــتە ژێــر کـاریگەریی ڕێکخستنی ئـامێری لای چەپ. هەر بۆیە لەوانەیە وا وێنـا بکرێـت، کە ئـامێری لای چەپ جۆرێـک پەیـام بـۆ فۆتـۆنی لای ڕاسـت بنێرێـت و پێـی دەڵێـت جۆرێـک بجووڵێـت تـا بە شـێوەیەکی گونجـاو لەگەڵ جەمسەرگری لای ڕاست کارلێک بکات. تاقیکردنەوەی ســەرەوە پیشــان دەدات، کە وەهــا پەیامێـک دەبێـت لە کــاتێکی کەمتـر لە یەک لەســەر ســەد ملیـۆنمی چـرکەدا بگـات، ئەگینـا فۆتـۆنی لای ڕاسـت بە شێوەیەک ڕەفتار دەکات، وەک ئەوەی بە هـۆی ئـامێری جەمســەرگری جێگیــر لە شــوێنی ســەرەتایی ئــامێری لای چەپ پێــوراوە. بەڵام لە

تـــاقیکردنەوەکەی **ئاســـپێکت**دا دوو جەمســـەرگرەکە ١٠ مەتـــر لە یەکترەوە دوورن و نیشانەیەک کە بە خێرایی ڕووناکی بجووڵێت ئەم مەودایە لە کـاتێکی ٣ جـار گەورەتـر لە کـاتی گـۆڕینی سـویچەکە دەبڕێت. بەڵام دەزانین کە هیچ تەنێکی فیزیایی یان نیشانەیەک ناکرێت خێراتـر لە خێرایـی ڕوونـاکی بجووڵێـت، هەر بـۆیە ئەو ئەگەرەی کە فۆتۆن نیشانەگەلێک لە هەستەوەرەکەی ترەوە پێ بگات، وەلا دەنرێت.

هەڵســـەنگاندنی تـاقیگەیی لەم ســاڵانەی دواییــدا بە ڕادەیەک پەرەی پێــدراوە، کە ئامێرەکــانی پێــوان مەودای دوورییــان گەیشــتووە بە چەندین کیلۆمەتر. هەرب ۆیە خێرایی هەر نیشـانەیەک دەبێت چەندین بەرامـبەری خێرایـی ڕوونـاکی بێت. جۆرە جیاوازەکـانی سـەرچاوەی جــووتفۆتــۆن پەرەی پــێ دراوە و تــاقیکردنەوەش لەســەر فۆتــۆنە گیرۆدە سیانییەکان (Entangled -riplets) ئەنجـام دراوە. لە هەمـوو بارەکاندا ئەنجام لەگەڵ پێشبینیی فیزیای کوانتەمی یەک دەگرێتەوە و بیردۆزی بێل کەم تا زۆر شکست دەهێنێت.

ئەم کـــارە بـــووە بە هـــۆی زیـــادبوونی ئـــارەزووی کـــارکردن لە تایبەتمەنـدییەکانی سیسـتەمە کوانتەمییەکـان، بە ئیمکـانی بەکارهێنـانی کردەکـــــی لە ناوچەکـــــانی نهێنینووســـــی (Cryptography) و هەژمارکردن (Computing).

هەنـــدێک هەوڵـــی بەرچـــاو بـــۆ لێکـــۆڵینەوە لەســـەر شکســـتپێهێنانی وردەکاریی وەهـا تاقیکردنەوەگەلێک ئەنجـام دراوە، تـا ڕوون ببێتەوە ئایا ئەنجـامی ئەم تـاقیکردنەوانە لەگەڵ بیردۆزی بێڵدا دەگونجێن یـان هەنـــدێک کـــون و کەلەبەر لەم ئارگیومێنتـــانەدا هەیە. تـــاکە هەل کە دەکرێت بیری لێ بکرێتەوە ئەوەیە چوستیی هەستەوەرە فۆتۆنییەکـان لەوانەیە بە ڕێگەیەک پەیوەنـدیی بە بگۆڕە شـاراوەکانەوە هەبێت و بە ڕێگەیەک وەک بەهێزکەر کار بکەن- بۆیە ئەمە پێشێلکردنی گریمـانەی بەهێزنەکـردنە (No Enhancement)، کە لە ســەرەوە بـاس کـراوە. هەڵـبەت ئەگەر هەسـتەوەرەکان هەمـوو فۆتۆنەکـان تۆمـار بـکەن ئەم

ئیمکانه لەناو دەچێت، چونکه فۆتۆن له هیچ شوێنێکەوه ناتوانێت بێت، بەڵام هەستەوەرێکی ڕاستەقینه چوستییەکەی بە ڕاستی نزمه، ئەم کەلەبەره ناکرێت دڵنیا بین لە تاقیکردنەوه لەسەر جووتفۆتۆن بە تەواوەتی گیرا بێت. بە هەرحاڵ، تاقیکردنەوەکان کە لەودا چوستیی هەستەوەرەکە ١٠٠% بێت، بە هۆی جووته گرێدراوەکانی ئەتۆمەوه لە سەرەتای سەدەی بیستویەکدا ئەنجام درا. دووبارە پێشبینییه کوانتەمییەکان پشتڕاست کرانەوه و بیردۆزی بێل شکستی هێنا، هەرچەندە لەم تاقیکردنەوانەدا هیچ داگیرسان و کواژندنەوەی سویچی خێرا لە نێوان هەستەوەرەکاندا لەئارادا نەبوو، هەر بۆیه پەیوەندیی نێوانیان ناکرێت ڕۆڵی هەبێت. لەگەڵ ئەوەشدا تەنانەت ئەگەر هەندێک کەلەبەری بچووکیش مابنەوه، ڕاستییەکەی ئەمەیه ئەنجامی هەموو تاقیکردنەوەکان لەگەڵ بیردۆزی بێڵدا ناگونجێن و پشتڕاستی پێشبینییەکانی کوانتەم دەکەنەوه بەو واتایەی دەبێت ئێمه بەدوای هەندێک شتدا بگەڕێین جیاواز لە تیۆرییه بگۆڕه شاراوه لۆکاڵییەکان بۆ شیکاری پازلی فیزیای کوانتەمی.

گەنگەشە

ئیتر دەبێت ئێستا ڕوون بێت کە بۆچی ئەنجامی تاقیکردنەوەکانی جووتفۆتۆن دەبێت بە هۆی ئەوەی کاریگەریی **ئاینشتاین- پۆدۆلسکی- ڕۆزن** (Einstein–Podolski–Rosen effect) پێی بگوترێت پارادۆکس. هەرچەندە ژمارەیەک لە زاناکان لەگەڵ ئەم ناوەدا بە توندی دژن، بەڵام ئەو بارودۆخەی تێیدان تا ڕادەیەکی زۆر لێڵ و مەتەڵاوییە. قسەکانمان بە پیشاندانی ئەم خاڵە دەست پێ کرد، کە بەپێی فیزیای کوانتەمی کرداری ئەنجامدراو لەسەر فۆتۆنێک، دۆخی فۆتۆنەکەی تر لە مەودای دوور دەگۆڕێت. ئیمکانێکی تریشمان لەبەرچاو بوو، کە لەودا کاریگەریی سەرەوه لە ئەنجامی تایبەتمەندییەکەوەیه، کە لە کاتی بەدیهێنانی فۆتۆنەکاندا لەگەڵیاندایه.

بەڵام بیردۆزی بێل و تاقیکردنەوە پەیوەندیدارەکان ناچارمانی کرد ئەمەی کۆتایی پووچ بکەینەوە. لە لایەکی ترەوە دوایین تاقیکردنەوەی ئاسپێکت دەیسەلمێنێت، کە هیچ پەیامێک لە ئامێرێکی ڕێگەی دوورەوە ناکرێت بگات بە فۆتۆنەکە. لە دیدی یەکەمدا لەوانەیە ئەم بابەتە لەگەڵ قسە سەرەتاییەکانمان، کە وامان دەزانی پشتڕاست کراوەتەوە، لە دژبەیەکیدا بێت!

بە دڵنیاییەوە هیچ وەڵامێکی ئاسان بۆ پرسی نالۆکاڵیبوون و پارادۆکسی EPR بوونی نییە. لە بەشی دواتردا، لە چوارچێوەی باسێکی قووڵتر دەربارەی دەربڕینی باوی تیۆری کوانتەمی، یان دەربڕینی کۆپنهاگن، ئێمە دەگەڕێینەوە سەر ئەم پرسیارە، بەڵام لە ئێستادا چەند خاڵێکی گرنگتان بە بیر دەهێنینەوە، کە دەبێت لە کاتی هەر گەنگەشەیەک لەسەر ئەم پرسە لە بیرمان بێت.

سەرەتا، هەرچەندە وا دەردەکەوێت کە فۆتۆن کەوتووەتە ژێر کاریگەریی ئامێرێکی دوور، بەڵام ئەم کاریگەرییە لەو جۆرە نییە، کە لە نێوان دوو تەنی فیزیاییدا هەیە. بەتایبەتی ئێمە ناتوانین بەکاری بهێنین بۆ گواستنەوەی زانیاریی یان نیشانە لە شوێنێکەوە بۆ شوێنێکی تر بەکاری بهێنین، دەکرێت ئەم بابەتە بە سادەیی و بە لەبەرچاوگرتنی دوو تاقیگەر کە لە دوو کۆتایی ئامێری جووتفۆتۆندان و هەوڵ دەدەن ئامێرەکە بۆ ناردنی پەیام بە یەکتری بەکار بهێنن، تاقی بکرێتەوە. خاڵی گرنگ لێرەدا ئەوەیە ئامێری لای چەپ لە هەر بارودۆخێکدا بێت، فۆتۆنەکان لە هەردوو کەناڵی جەمسەرگری لای ڕاست بە هەڕەمەکی دەردەچن. ئەم ئەنجامە لەو ڕاستییەوە سەرچاوە دەگرێت، کە تەنانەت ئەگەر جەمسەرگری لای چەپ (کە جارێک با H/V بێت)، فۆتۆنێکی لای ڕاست دەخاتە دۆخی جەمسەرگیریی ستوونییەوە و فۆتۆنەکەی دواتر بە شێوەی هەڕەمەکی لە هەمان دۆخ یان دۆخی پێچەوانەدا دادەنێت؛ هەر بۆیە فۆتۆنەکان بە شێوەی هەڕەمەکی لە دوو کەناڵی جەمسەرگری لای

ڕاست بەبێ سەرنجدان بە دۆخەکەی دەردەچن. هەر بۆیە دەکرێت بگوترێت هیچ ڕێگەیەک نییە، کە تاقیگەر بتوانێت تەنیا بە بینینی فۆتۆنەکەی خۆی ئەنجامی ئاڕاستەگریی هەر یەک لە ئامێرەکان پێشبینی بکات. ئەمە تەنیا کاتێک ڕوو دەدات، کە ئەنجامی پێوانەکانی هەردوو لاکە بخرێتە پاڵ یەکتر و گرێدراوی، کە لەم بەشەدا باسمان لێ کرد ببینرێت.

دووەم، ئەو ڕاستییەی کە بەکارهێنانی ئامێری EPR بۆ گواستنەوەی زانیاری، لانیکەم بە خێرایی زیاتر لە خێرایی ڕووناکی نامومکینە. ئەگەر ئەم نیشانانە بۆ گواستنەوەی زانیاری بەکار نەهێنرێن، ئەوکات پێویست ناکات ئەم نیشانانە ملکەچی تیۆری ڕێژەیی بن، کە لەودا هیچ نیشانەیەک ناکرێت بە خێراتر لە خێرایی ڕووناکی بگوازرێتەوە. ئێمە لەگەڵ گرێدراوی (Correlation) دوو کۆمەڵە ڕووداو لەگەڵ یەکتری بەرەوڕووین، کە لە ئاڕاستەیەکی تایبەتدا گەشت ناکەن. شیکاری بارودۆخێکمان کرد کە لەودا ئامێری لای چەپ جەمسەرگیریی H/V و ئامێری لای ڕاست جەمسەرگیریی φ بەگوێرەی ئاسۆ (وێنەی ٣:٣) و گوتمان کە ئامێری لای چەپ، بە هۆی جەمسەرگری لای ڕاستەوە، فۆتۆنە لای ڕاستەکە دەخاتە دۆخی h یان vوە. بەڵام ئەگەر بە پێچەوانەوە کارمان بکردایەت و سەرەتا لای ڕاستمان لەبەرچاو بگرتایەت، دووبارە هەمان ئەنجامی تاقیکردنەوەی پێشوومان بۆ $n(v,\emptyset_{+})$ و ئەوانی تریش دەبوو. ئەو خوێنەرانەی ئاشنان لەگەڵ تیۆری ڕێژەیی، دەزانن ڕیزبەندیی کاتی ڕووداوە جیاوازەکان کە لە شێوە-فەزا (Space Like)دا ڕوو دەدەن، دەکرێت بە بینی لە چوارچێوە مەرجەعێکی گونجاوەوە پێچەوانە بکرێتەوە (ڕووداوە جیاوازەکانی شێوە-فەزا لە دوو شوێنی جیاوازدا ڕوو دەدەن، بە جۆرێک خێران هیچ نیشانەیەکی ڕووناکی لە مەودای کاتی ڕوداوەکاندا ناتوانێت پێکەوە بیانبەستێتەوە). چاودێرێک کە لە وێنەی ٣:٣ لە چەپەوە بۆ ڕاست بە خێرایی زۆر دەجووڵێت،

دەگات بەو ئەنجامەی کە فۆتۆنی لای ڕاست پێش فۆتۆنی لای چەپ هەستی پێ کراوە، بۆیە لە دیدی ئەوەوە پێوانی φ سەرەتا ڕوو دەدات. بە سەرنجدان بەوەی گرێدراوییە پێوراوەکان پەیوەندیی بە ئاراستەی جووڵەی گریمانەییەوە نییە، هیچ نەگونجانێک لە نێوان تاقیکردنەوەکانی EPR و تیۆری ڕێژەیی لەئارادا نابێت.

ئامانجی ئەم بەشە بریتی بوو لەوەی پیشانی بدەین، بە دانانی هەر جۆرە تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە، کە هەڵگری لۆکاڵیبوون بێت، خۆمان لە پەسەندکردنی چەمکە شۆڕشگێڕانەکانی فیزیای کوانتەمی بدزینەوە. بیردۆزی بێڵ و تاقیکردنەوە پیشانی داوە کە تایبەتمەندییە بینراوەکانی جووتفۆتۆن ناکرێت بەبێ گریمانەی جۆرێک گرێدراوی لە نێوان دۆخی ئامێری پێوان و فۆتۆنی دوورەدەست شی بکرێتەوە. دەبێت سەرنج بدەینە ئەوەی تەنانەت ئەگەر سبەی پیشان بدرێت تیۆری کوانتەمی هەڵەیە، هەر تیۆرییەکی بنچینەیی تر بێتە ئاراوە دەبێت بەرەوڕووی تەنگەژەی پێشێلکردنی نایەکسانیی بێڵ ببێتەوە و ناچارە پێشبینی بۆ گرێدراوی نێوان پێوانە دوور لە یەکەکان بکات. سەرەڕای ئەوە، دەبێت ئاگەدار بین بیردۆزی بێڵ بۆ دەربڕینی بگۆڕە-شاراوە لۆکاڵییەکان لە فیزیای کوانتەمیدا بەکار دەهێنرێت و بەکارهێنانی بۆ ڕێگەکانی تر ڕوون نییە. ئارگیومێنتەکە بەندە لەسەر ئەو گریمانەیی کە فۆتۆن دەزانێت پێشتر چی پێوانێک ئەنجام دراوە، بەڵام ئەگەر ئێمە ئەمە و نزیکبوونەوە ڕیالیستیکەکەی کە زەقی دەکاتەوە بە پووچ دابنێین، ڕوون نییە هێشتا کە نایەکسانیی بێڵ ناچاری بێت. ئەوەی ئێستا هەیە، نزیکبوونەوەی ئۆرتۆدۆکسی فیزیای کوانتەمی، ئەم دیدە ڕادیکاڵییەی پەژراندووە کە بریتییە لە گومان خستنە سەر گریمانە بابەتی هەندێک گرێدراوی لە نێوان دۆخی ئامێرێکی پێوان و فۆتۆنی دوور مانای هەبێت، ناکرێت بڵێین فۆتۆنەکان هەبن پێش ئەوەی بپێورێن. ئەم دیدگایە ناسراوە بە دەربڕینی کۆپنهاگن و بابەتی بەشی دواترە.

بەشی چوارەم
کۆپنهاگنی سەرسوورهێنەر

گوتارێک کە **ئاینشتایین** و **پۆدۆلسکی** و **رۆزن** لە ساڵی ١٩٣٥ پێشکەشیان کرد، پوختەی گەنگەشەیەکی دوورودرێژ بوو کە هەر زۆر زوو دوای پەرەسەندنی تیۆری فیزیای کوانتەمی لە سالانی ١٩٢٠دا هاتە ئاراوە. یەکێک لە لایەنەکانی ئەم گەنگەشەیە **نیڵز بۆر** بوو، فیزیاییەکی دانیمارکی کە لە *کۆپنهاگن* کاری دەکرد تا ئەو کاتەی وەک زۆربەی زانایانی ئەورووپایی سەردەمی خۆی بە هۆی هێرشی *ئەڵمانیا*وە لە دووەم جەنگی جیهانی بووە پەنابەر. دەبینین تێڕوانینی **بۆر** لەسەر هەندێک پرسی بنچینەیی فیزیای کوانتەمی لەگەڵ تێڕوانینی **ئاینشتایین** و هاوکارەکانی جیاوازییەکی زۆری هەیە، بەلام لە کۆتاییدا تێڕوانینی ئەو بوو، کە بە شێوەی گشتی نەک جیهانی پەژرێنرا، بە هۆی ئەوەی زۆربەی کارەکانی ئەو لە *کۆپنهاگن* ئەنجام دراوە ئایدیا و ئەنجامەکانی **بۆر** بە دەربڕینی کۆپنهاگن (Copenhagen Interpretation) دەناسرێت. لەم بەشەی ئێستادا دەمانەوێت قسە لەسەر چەمکە سەرەکییەکانی ئەم نزیکبوونەوەیە بکەین، هەوڵ دەدەین تا کارابیەکەی پیشان بدەین و هەروەها تێبگەین، کە هێشتا هەندێک لە پرسیارە گرنگەکان کە بابەتی بەشی دواترە، بەبێ وەلام بەجێ هێڵراون.

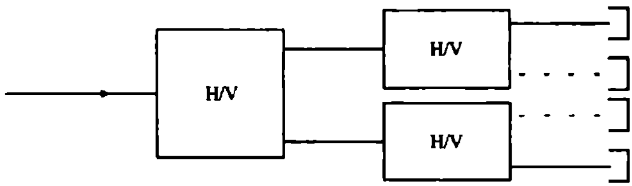
دەڵێن کاتێک **ئاینشتایین** دەیگوت "خودا زار هەڵنادات"، **بۆر** لە وەڵامدا گوتوویەتی "بە خودا مەڵێ کە چی بکات". لەوانەیە ڕاستیی ئەم گفتوگۆیە لە باری مێژووییەوە گومانـاوی بێت، بەڵام جیاوازیی تێڕوانینی دوو زاناکە بە باشی پیشان دەدات. لە کاتێکدا **ئاینشتایین** بە گومانەوە تەماشای فیزیای کوانتەمی دەکرد و هەوڵی دەدا بە پیشاندانی نەگونجانەکان و کاریگەریی لەسەر بیرکردنەوەی ڕۆژانەمان سەبارەت بە گەردوونی فیزیایی، ناتەواوبوونەکەی پیشان بدات، **بۆر** لە نزیکبوونەوەکەی خۆیدا ئایدیا کوانتەمییەکانی پەسەند دەکرد و سەبارەت بە کاریگەرییەکانی لەسەر بیرکردنەوەی ڕۆژانەمان پشکنینی دەکرد.

خاڵی سەرەکیی دەربڕینی کۆپنهاگن بریتییە لە جیاوازیکردن لە نێوان جیهانی کوانتەمی مایکرۆسکۆپی (Microscopic Quantum World) و ئامێرەکانی ڕۆژانەی ماکرۆسکۆپی (Macroscopic)، کە لە پێوانەکاندا بەکار دەهێنرێن. بێمانا دەبێت باسی تایبەتمەندیی سیستەمی کوانتەمی دابڕاو بکەین، چونکە هەرگیز ناکرێت تێبگەین ئەم تایبەتمەندییانە چین: تایبەتمەندیی فیزیایی ڕاستەقینە تەنیا دەکرێت بخرێتە پاڵ سیستەمێکی پێکهاتوو لە تەنی مایکرۆسکۆپی و ئامێری پێوان.

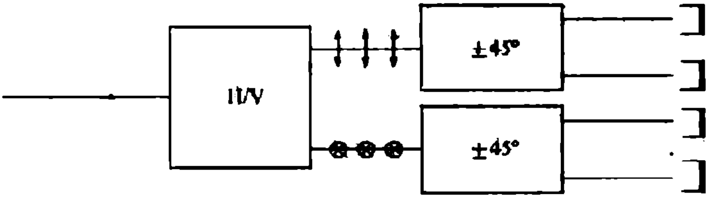
دەکرێت ئەم ئایدیایانە بە شێوەیەکی ڕوونتر بە لەبەرچاوگرتنی پرۆسەی پێوانی جەمسەرگیری (Polarization) فۆتۆن باس بکرێت. وای دابنێ لە بەشی دووەمدا فۆتۆنێک بە جەمسەرگیریی نادیارەوە بە ئامێریکی H/V نزیک ببێتەوە و لە یەکێک لە کەناڵەکانەوە)(تۆ بڵێ کەناڵی V) دەربچێت. بە تێڕوانینی **بۆر** قسەکردن لەسەر ئەوەی جەمسەرگیریی فۆتۆنەکە پێشتر چی بووە، کارێکی ناڕاستە و ئەمە پرسێکی شیاوی زانین نییە. بە هەرحاڵ، دوای پێوانیش بە تەواوەتی واتادارە بڵێین کە بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراوە (Polarized)، چونکە دەبینرێت کە لە کەناڵی Vوە دەرچووە و ئەگەر جارێکی تر لە ئامێری دووەمی H/Vوە تێپەڕی بکەین، بە دڵنیاییەوە لە کەناڵی Vوە

تێدەپەڕێت (وێنەی ٤:١). بە هەرحاڵ، ئەگەر فۆتۆنی جەمسەرگیراوی ستوونی بە گۆشەی ∓٤٥° بەگوێرەی ئاسۆ بدەین لە ئامێری جەمسەرگر (Polariser)، مادەم هێشتا پێوانی دووەم ئەنجام نەدراوە، ڕوون نییە لە کام کەناڵی ∓٤٥° دەردەچێت (وێنەی ٤:٢) و ناکرێت باسی هیچ هەقیقەتێک بۆ ئایدیای جەمسەرگیریی ٤٥° پێش پێوانی بکەین. سەرەڕای ئەوە دوای پێوانی ٤٥° هەر چەشنە زانیارییەک سەبارەت بە دۆخی h و v لەناو دەچێت و پێدانی ئەم تایبەتمەندییە بە فۆتۆنەکە ناڕاست دەبێت.

بۆر ئەو ڕاستییەی کە پێوانی تایبەتمەندییەکی سیستەمێکی کوانتەمی بەگشتی زانیاریمان سەبارەت بە تایبەتمەندییەکانی تر لەناو دەبات، ناو نا تەواوکەری (Complementarity). بەم شێوەیە جەمسەرگیریی H/V و ∓٤٥° بگۆڕگەلی تەواوکەری یەکترین و هەرگیز ناکرێت بە شێوەی هاوکات بپێورێن و بە شێوەی هاوکات بیدات بە فۆتۆنێک. بە دڵنیاییەوە شرۆڤەی شەپۆلێکی کلاسیکی کە هاوکات بە شێوەی ستوونی و بە گۆشە ٤٥°ی لەگەڵ ئاسۆ جەمسەرگیراو، دەبێت بە قسەیەکی دژبەیەک و دەکرێت لۆجیکی بێت ئەم قسە بۆ یەک تاکە فۆتۆنیش بکرێت.



وێنەی ٤:١: ئەگەر فۆتۆنەکان بە جەمسەرگیریی نەناسراوەوە لە جەمسەرگرێکی H/Vوە تێبپەڕن، ئەوا بە شێوەیەکی هەڕەمەکی لە هەر کام لە کەناڵەکانی ئاسۆیی و ستوونییەوە تێدەپەڕن. دوای ئەمە فۆتۆنەکان هەر بە شێوەی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی یان ستوونی دەمێننەوە، کە بە پێوانی دووبارەی H/V پشتڕاست کراوەتەوە.



وێنەی ٢:٤: ئەگەر فۆتۆنەکان بە جەمسەرگیریی نەناسراوەوە بکەون لە جەمسەرگرێکی H/V ئەوان بە شێوەی ئاسۆیی یان ستوونی جەمسەرگیر دەبن. ئەگەر دوو گورزەکە لە دواییدا لە جەمسەرگری جیاوازی ٤٥°∓ تێپەڕ ببن لەم کەناڵ یان ئەویان بە شێوەی هەڕەمەکی دەردەکەون.

بۆر ئەو ڕاستییەی کە پێوانی تایبەتمەندییەکی سیستەمێکی کوانتەمی بەگشتی زانیاریمان سەبارەت بە تایبەتمەندییەکانی تر لەناو دەبات، ناو نا تەواوکەری (Complementarity). بەم شێوەیە جەمسەرگیریی H/V و ٤٥°∓ بگۆڕەکانی تەواوکەری یەکترین و هەرگیز ناکرێت بە شێوەی هاوکات بپێورێن و بە شێوەی هاوکات بیدات بە فۆتۆنێک. بە دڵنیاییەوە شرۆڤەی شەپۆلێکی کلاسیکی کە هاوکات بە شێوەی ستوونی و بە گۆشە ٤٥°ی بەگوێرەی ئاسۆ جەمسەرگیراوە، دەبێت بە قسەیەکی دژبەیەک و دەکرێت لۆجیکی بێت ئەم قسە بۆ یەک تاکە فۆتۆنیش بکرێت. ئەگەر ئەمە ئەنجام بدەین بە ناچاری دەگەین بە چەمکی ناجەبرگەرایی، چونکە ئەگەر بێواتا بێت ئەگەر جەمسەرگیرییەکی ٤٥° تایبەتی بدەین بە فۆتۆنێک کە بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراوە، کە وا بوو ناکرێت ئەنجامی پێوانی ٤٥° دواتر دیاری بکرێت. بۆر لەبری ئەوەی هەوڵ بدات بە هێنانەئارای مۆدێلێکی میکانیکی لە ڕێگەی تیۆری بگۆڕە شاراوەکانەوە پاساو بدۆزێتەوە، هەوڵی دا بنچینەکانی ناجەبرگەرایی پێش بخات و زاڵی

بکـات. ئەو وای دانـا نـاجەبرگرایی و تەواوکەری هەقیقەتـی بنچینەیـی سروشـتن، کە لێکۆڵینەوەکانمـان لەسـەر فیزیـای کـوانتەمی ئێمەی پێ گەیاندوون.

لەوانەیە بە بەراورد لەگەڵ شـــــەپۆل، تەواوکەربـــــوونی ئاراســـــتە جیاوازەکـــانی فۆتـــۆن ژیرانەتـــر و پەســـەندتر دەربکەوێـــت، بەڵام بەکارهێنانی ئایدیاکە بۆ سیسـتەمە فیزیاییەکـانی تـر ناچارمـان دەکـات گـــۆڕانی قـــووڵ لە بیرکردنەوەکانمانـــدا بـــدەین. لە بەشـــی یەکەمـــدا پیشـــانمان دا کە چـــۆن پێـــوانی وردی هاوکـــاتی شـــوێن و تەوژمـــی تەنـــۆلکەیەک نـــامومکینە: پێـــوانی بڕێـــک بەن اچـــاری پێـــوانی وردی بڕەکەی تـر نـامومکین دەکـات. لەم بـارەدا دەربڕینـی کۆپنهـاگنی پێمـان دەڵێت، کە وێنای شـوێن و تەوژمێکی هەقیقیی دیاریکراو بۆ ئەلیکتـرۆن بێواتـایە، مەگەر ئەوەی ئەم هێنـدانە بپێـورێن. سـەرەڕای ئەوە، ئەگەر تەوژمەکەی (بـۆ نمـوونە) بپێورێـت، ئیتـر بێواتـا دەبێـت بڵێـین لە چـی شـوێنێکی تایبەتیـدایە. بـۆیە بەپێـی دوو سروشـتی شـەپۆل-تەنـۆلکە (بڕانە بەشی یەکەم): کاتێک ڕوونـاکی یـان گـورزەیەکی ئەلیکترۆنـی لە ئـامێرێکی دووکەلەبەریـیەوە تێپەڕێـت وەک شـەپۆل ڕەفتـار دەکـات، بەپێـی ئەمە ئەوە شـەپۆلە. بە هەرحـاڵ، کاتێـک بە هـۆی پلێتێکـی یـان بژمێرەیەکەوە دەربخرێت، ئیتر وەک لێشاوێکی تەنۆلکە ڕەفتار دەکات، لەم تێڕوانینەوە بریتی دەبێت لە لێشـاوێکی تەنۆلکە. تەنەکە و ئـامێری پێوان پـێکەوە دیـاری دەکەن. ناکرێـت هەنـدێک تایبەتمەنـدی بخـرێتە سـەر تەنێک مەگەر ئەوەی ئەم تایبەتمەندییانە پێورابێت.

لەوانەیە تووشـی سەرسـوڕمان ببـین، ئەی چـۆن دەزانـین تەنێکـی کوانتەمی هەیە ئەگەر هیچ پێوانێک ئەنجام نەدرێت؟ وەڵامی کۆپنهـاگن بـریتییە لەوەی هەنـدێک جـار نـازانین. تەنیـا کاتێـک پێوانمـان لەسـەر هەندێک تایبەتمەندیی سیسـتەمێک ئەنجام دابێت، دەکرێـت قسـە لەسـەر بوونی بکرێت. کاتێـک تایبەتمەنـدییەک بپێورێـت، بە هەرحـاڵ، ئەوجـار واتای دەبێت قسە لەسەر بوونی تەنێک بەم تایبەتمەندییەوە بکرێت تـا

ئەو شـوێنەی هەنـدێک تایبەتمەنـدیی تەواوکەری دەپێورێـت. بـۆیە بە شێوەی ئاسایی واتای دەبێت بارستایی و بارگەی دیاریکراو بدەین بە ئەلیکترۆنێک کە بوونی پشتڕاسـت کراوەتەوە و پێوانەکانی دواتـریش ئەم تایبەتمەنـدییانە بە نەگـۆڕ بهێڵـنەوە. بەڵام لە هەنـدێک بـارودۆخی وەک بەرکەوتنــی ئەلیکترۆنێــک و پۆزیترۆنێــک (دژەئەلیکتــرۆن) کە هەڵدەوەشـن، دوو تیشـکی γ بەرهەم دەهێنن، تەنـانە ئەم بـڕانەش بە ڕێگەی کوانتەمی دەگۆڕێن و هەقیقەتی خۆیان لەدەست دەدەن.

کۆپنهاگن و EPR (Copenhagen and EPR)

جیاوازییەکانی نێوان **بۆر** و **ئاینشتایین** لەسـەر فیزیـای کوانتەمی کە لەو کـاتەدا هێشـتا بـابەتێکی نـوێ بـوو، گەیشـت بەو ئەنجـامەی کە دیبەتـی زینـدوو لە نێـوان ئەم دوو زانـایەدا لە کـۆنفرانس و گوتـارە زانســـتییەکاندا دروســـت ببێـــت. زۆربەی جـــار **ئاینشـــتایین** تــاقیکردنەوەیەکی وردی پێشــنیاز دەکــرد، کە لەوە دەچــوو لەودا دەکرێت بەهای جووت بڕە تەواوکەرەکان پێکەوە بپێورێن و **بۆر** بە لێکــۆڵینەوەی وردتــر وەڵامــی دەدایەوە کە ئەم پێــوانە هاوکــاتە نـاومکینە. بە هەرحـاڵ، لە سـاڵی ١٩٣٥ EPR بـڵاو بـوویەوە، کە لە بەشی پێشوودا بە تێروتەسەلی باسی دەلالەتەکانیمان کرد. ئەوان لەم گوتـــارەدا پیشـــانیان دا کە چـــۆن دەکرێـــت تایبەتمەنـــدییەکی وەک جەمســـەرگیریی فۆتـــۆن کە لە مەودایەکـــی دووردایە، بە پێـــوانی جەمســـەرگیریی فۆتـــۆنێکی تــر، کە پێشـــتر لەگەڵ فۆتـــۆنی یەکەمــدا کـارلێکی هەبـووە و ئێسـتا لە مەودایەکـی دووردایە، دیـاری بکرێـت. ئەگەر بەیەکداچوونی پێوان لەگەڵ تەنـی دووردا نەپەژرێنین، ئەوکـات فۆتـۆنی یەکەم پـێش پێـوان هەمـان تایبەتمەنـدیی هەیە، کە چـاوەڕێی دەکەیـن، بەڵام چـونکە تـاقیگەر بە ڕێکخسـتنی ئـامێرەکە لە مەودای دوور، تایبەتمەنـدییە پێوراوەکە دەگۆڕێـت، کـۆمەڵەی EPR گەیشـتن بەو ئەنجـامەی کە هەمـوو تایبەتمەنـدییە فیزیاییەکـان، لە نمـوونەکەی

ئـێمەدا جەمسـەرگیری لە ئاڕاسـتە جیاوازەکانـدا، دەبێـت پـێش پێـوان هەقیقی بن، کە لەگەڵ دەربڕینی کۆپنهاگندا دژە. (لە بیرت بێت ئەمانە پێش بیردۆزی بێل و ئەو تـاقیکردنەوانە بـووە، کە لە بەشـی پێشـوودا قسەمان لەسەری کرد).

بەپێی نووسراوێکی هاوڕێیەکی **بۆر**، **لیۆن رۆزنفلد**، کە لە ساڵی ١٩٦٧ بڵاو بووەتەوە، "گوتارە زانستییەکەی EPR هێرشێکی قورس بوو کە وەک هەورە بروسکە لە ئاسمانەوە دای بەسـەرماندا." **بۆر** بە خێرایی هەموو کارەکانی تری بۆ بەرگرییەکی نوێ وەستاند. سـەرئەنجام ئەو سـەر کەوت (لانـیکەم بـۆ ڕازیکردنـی خـۆی) و بە **رۆزنفلـدی** گـوت: "ئەوان کارەکەیـان زۆر زیرەکانە ئەنجـام دا، بەڵام گرنـگ ئەنجامـدانی کارە بە دروستی."

بۆر کارەکەی چۆن بە دروستی ئەنجام دا؟ دەربڕینی کۆپنهاگنی چۆن دەتوانێت ئەو پارادۆکسانەی لە بەشـی پێشـووتردا باسـمان کـرد، شـی بکـاتەوە؟ ئەو پرسـانەی کە تـا ٣٠ سـاڵ دوای **بـۆریـش** مێشـکی فیزیاییەکـانی بە خـۆیەوە سـەرقاڵ کردبوو و سـەرئەنجام گەیشـت بە بیـردۆزی بێـل و تاقیکردنەوەکـانی **ئاسـپێکت**؟ جەوهەری وەڵامەکەی **بۆر** بریتـی بـوو لەوەی کە لەم پرسـەدا سیسـتەمی کوانتەمی هەڵگری دوو فۆتۆنە و نابێت ئەوان تا ئەو کـاتەی بە هـۆی تـاقیکردنەوەیەک لە یەکتـری جیـا نەکـراونەتەوە، وەک دوو بـوونی جیـاواز حیسـابی بـۆ بکرێـت. هە ربـۆیە گـوتنی ئەوەی ئەم تایبەتمەنـدییانە بە پێـوانی لای چەپ تێـک نـاچن، هەڵەیە. چـونکە هەر ئەم کـردارەیە ئەم دووە لە یەکتری جیا دەکاتەوە. ئەو هەروەهـا دەڵێت کە پێوانی ناڕاستەوخۆی هـیچ دژبەیەکییەکـی لەگەڵ ڕێسـاکانی تەواوکەریـدا نییە، چـونکە بە پێوانی (بۆ نموونە) جەمسەرگیریی H/V لە لای چەپ هەمان بەشەکی فۆتـۆن لە لای ڕاسـت دەپێورێـت. دەکرێـت بە ئەنجامـدانی تـاقیکردنەوەیەکی تـر بڕێـک بـۆ بە بەشـەکێکی تـری جەمسـەرگیریی فۆتۆن لە لای ڕاست بدۆزرێتەوە، کە ئەوەش بۆ خـۆی پشـێوییەک لە

سیستەمەکەدا دروست دەکات. چونکە ئەنجامی ئەم پێوانانە لە پێشدا شیاوی پێشبینی نییە، هەر بۆیە گروپی EPR لە ئەنجامگیریی هەقیقیبوونی پێوانی کۆتاییدا کەوتوونەتە هەڵەوە.

لێرەدا ئایدیای سەرەکیی دەربڕینی کۆپنهاگنی دەردەکەوێت: بڕێک تەنیا کاتێک هەقیقەتە کە پێورابێت، یان دۆخێک بێت لە پێوان، کە ئەنجامی تاقیکردنەوەی پەیوەندیدار شیاوی پێشبینی بێت. هەر بۆیە دەگەین بەو ئەنجامەی کە تایبەتمەندیی ڕاستەقینەی سیستەمێکی کوانتەمی دەکرێت بە هۆی تاقیگەرێکەوە، کە دۆخی ئامێرەکەی خۆی ڕێک دەخاتەوە، بگۆڕێت. بۆر باسی ئەمە بەم شێوەیە دەکات: "لێرەدا پرسیاری جەوهەری لەسەر کاریگەریدانانە لەسەر ئەو هەموو بارودۆخە، کە پێناسەی جۆرە مومکینەکانی پێشبینی سەبارەت بە ڕەفتاری داهاتووی سیستەمەکە دەکات."

خراپ نییە کەمێک ڕابوەستین و لە دەلالەتەکانی گوتەکەی بۆر ورد ببینەوە، چونکە ئەمانە دمانبات بۆ ناخی نزیکبوونەوەکەی بۆ تیۆری پێوانی کوانتەمی. بە کاریگەریی سێ قۆناغ لە پێوانی کوانتەمیدا هەیە. یەکەم، بریتییە لە ڕێکخستنی ئامێرەکانی پێوان (بۆ نموونە کام یەک لە بەشەکەکانی جەمسەرگیریی فۆتۆن لە تاقیکردنەوەکانی **ئاسپێک**دا بپێورێت). دووەم، ئەنجامی ئامارییە کە دوای چەندین تاقیکردنەوە دەستمان دەکەوێت (بۆ نموونە چی ژمارەیەک لە فۆتۆن لە هەر کەناڵێکەوە دێنە دەرەوە) و سێیەم ئەو ئەنجامەیە کە لە تاقیکردنەوەیەکی دیاریکراوەوە دەستمان دەکەوێت. تا ئەو جێگەی پەیوەندیی بە قۆناغی سێیەمەوە هەیە (جگە لە هەندێک جاری وەک پێوانی دووبارەی جەمسەرگیری لە پێشدا دیاریکراو)، ئەنجامەکە بە تەواوەتی هەڕەمەکی و نەشیاوە بۆ پێشبینیکردن. لە قۆناغی دووەمدا تیۆری کوانتەمی ئەو هەلە دەڕەخسێنێت، تا ڕەفتاری ئاماری داهاتووی سیستەمەکە بە سەرنجدان بە ڕوونبوونی دۆخی ئێستایی، پێشبینی بکرێت. هەر بۆیە ئەگەر ژمارەیەکی زۆر فۆتۆنی ٤٥° لە

ئـــامێری H/Vوە تێبــپەڕن، دەزانـــین کە نیوەیـــان لە هەر کـــام لە کەناڵەکانەوە تێدەپەڕن. لە قۆناغی چۆنێتیی ڕێکخستنی ئامێر، جۆری ئەو تایبەتمەنـدییەی دەپێورێـت دیـاری دەکرێـت، هەر بـۆیە بە گـوتەی **بــۆر** "هەمـــوو جۆرەکـــانی پێشـــبینیی پەیوەندیـــدار بە داهـــاتووی سیســـتەمەوە" دەکرێـت بپێورێـت. لە تـاقیکردنەوەی **ئاسـپێکت**دا ئەوە قۆنـاغی یەکەمە کە سـەد ملیـۆن جـار لە چـرکەدا بە هـۆی سـویچی سـەروودەنگەوە دەگۆڕێـت. تـا ئەو جـێگەیەی پەیوەنـدیی بە پێـوانی دانەبەدانەی جووتفۆتۆنەکانەوە هەیە، ڕێکخستنی ئـامێرەکە هەرچـی بێت، ئەنجامی پرۆسەکەی قۆنـاغی یەکەم بە شـێوەیەک دەکەوێتە ژێـر کـاریگەرییەوە، کە لە تیـۆری کوانتەمـدا شـیاوی پێشـبینیکردن بێـت، بێگومـــان **بـــۆر** لەوەی ئەم پێشـــبینییانە بە تـــاقیکردنەوە پشتڕاســـت بکرێنەوە سەری سووڕ نەدەما.

بە سـەرنجدان بە ئەنجامەکـانی **بـۆهم**، **بێـڵ** و **ئاسـپێکت**، کە لە بەشـی پێشـوو قسـەمان لەسـەری کـرد، ئایـا هێشـتا لێکـدانەوەی کۆپنهـاگن (Copenhagen Interpretation) بـۆ EPR ڕاسـتە؟ لە دیـدگایەکەوە بێگومـــان ڕاســـتە، ئەنجـــامی تاقیکردنەوەکـــان بە ئاشـــکرا لەگەڵ پێشبینییەکانی میکانیکیی کوانتەمی یەک دەگرێتەوە و پێشبینییەکان بە ڕاستی دەکەونە ژێر کاریگەریی بـارودۆخی تـاقیگەیی، تەنـانەت کاتێک ئەم بـارودۆخە وەک تـاقیکردنەوەکەی **ئاسـپێکت** سـەد ملیـۆن جـار لە چـــرکەدا بگۆڕێـــت. بیـــردۆزی بێـــڵ پەیوەنـــدیی بە تیـــۆری بگـــۆڕە شاراوەکانەوە هەیە، کە هیچ ڕۆڵێکی لە لێکدانەوەی کۆپنهاگندا نییە و ئەوە **ئاینشـــتایین** بە هەڵە وا بیـــری دەکـــردەوە کە ئەم توخمـــانەی هەقیقەت پێویستن بۆ ئەوەی کێشـەی پرسـی نالۆکـاڵیبوون چارەسـەر بکـــات. ئایـــا ئەمە واتـــای ئەوەیە کە هـــیچ نالۆکاڵیبوونێـــک (Non-Locality) لە لێکـدانەوەی کۆپنهاگنـــدا نیـــیە؟ دەزانـــین، ڕێکخســـتنی ئامێرەکـان کاریگەرییـان تەنیـا لەسـەر جـۆرە مومکینەکـانی پێشـبینی هەیە، بەڵام ئەمە بە شـێوەی لەپڕ بـۆ هەمـوو سیسـتەمەکە بە فۆتـۆنە

دوورەکەشـەوە دەگـوازرێتەوە، کە وا بـوو ئەمە چـۆن دەکرێـت لەگەڵ لۆکاڵیبووندا بگونجێت؟ کلیلی ئەمە لێرەدایە کە بۆر وای دانانێت هـیچ گـۆڕانێکی فیزیـایی لە سیسـتـەمی کـوانتەمی لە سـەروو بـاردوخی تاقیگەیی هەبێت، چی گۆڕانێک دەکرێت جۆرەکانی مومکینی پێشبینی بـن، بەڵام تایبەتمەنـدیی مـومکینی سیسـتـەمەکە بـن. گـۆڕان تەنیـا لە کاریگەریی ئەو مۆدێلەدایە کە چاودێر بەکاری دەهێنێت بۆ شـرۆڤەی مـۆدێلەکە نەک خـودی سیسـتـەمەکە. لێرەدایە EPR وای دادەنێت کە نالۆکـاڵیبوون نـامومکینە و دەگـات بەو ئەنجـامەی مـۆدێلی کـوانتەمی هەڵەیە. بۆر وای دادەنێت کە مـۆدێلی کوانتەمی ڕاسـتە و گرێـدراوی لەپـڕ لە نێـوان ئەنجـامە تۆمارکراوەکـان لە ئـامێرە جیاوازەکانـدا چـاوەڕوانکراوە ڕوو بـدات. بە هـۆی ئەوەی بگـۆڕی شـاراوە بـوونی نیـیە، سـەلماندنەکەی بێـل بـریتییە لەوەی ئەم کـارلێکە نالۆکاڵییـانە شـیاوی دروسـتبوون نـین. دەکرێـت لە نالۆکـاڵیبوون دەربـاز ببـین، بە هـــۆی دوورکەوتـــنەوە لە ئیمکـــانی دروســـتکردنی شـــرۆڤەیەکی هەقیقەتگەرایـانە (Realistic)ی سیسـتـەمەکە لە نێـوان پێوانەکانـدا. کێشەکان بە هۆی گشتاندن بۆ ئەودیوی هەقیقەتەکانی شیاوی پێوان و دانی هەقیقەت بە فۆتۆنەکان پێش ئەوەی لەگەڵ ئامێرەکانـدا کارلێـک بکەن، دروست دەبن. لێکدانەوەی کوانتەمی ڕێـگە لەم کـارە دەگرێـت و ئەو تایبەتمەندییانەی نەپێورابێتن بە ناهەقیقی و بێواتا دادەنێت.

دەبینین لێکدانەوەی کۆپنهاگنی شۆڕشـێکی تەواوی لە بیرکردنەوەمـان بە بەراورد لەگەڵ شـێوازی کلاسـیکی دروسـت کـردووە و بە بـاوەڕی بۆر پێشـکەوتنی فیزیـای کـوانتەمی گـۆڕانی دەروونناسـییانە دروسـت دەکـات. لە ڕاسـتیدا وەک چـۆن لە سـەرەوە باسـمان کـرد، زۆر لە وانەکـانی فیزیـای بەکـالۆریۆس لە ئاڕاسـتەیەکدان کە خوێنـدکارەکان ناچـار دەکەن بیـر لەم شـێوازە نائاشـنایە بکەنەوە. لە ڕاسـتیدا قورسـە لەگەڵ دیـدگای کۆپنهاگنـدا بگونجێنـدرێن، چـونکە خوێنـدکارەکان

لەوانەیە گومانەکان بخەنە سەر تێگەیشتنی خۆیان تا بیگەڕێننەوە بۆ ناتەواویی ئارگیومێنتەکان.

ئاینشتایین بۆ خۆی بەم گوتەیەی کە گوایە دیدگای **بۆر** بە شێوەی لۆژیکی پەسەند کراوە، کارەکەی **بۆر** پشتڕاست دەکاتەوە، بەڵام لە درێژەی قسەکانیدا دەڵێت: "بەڵام ئەم بابەتە بە ڕادەیەک دژ بە ڕۆحی زانستخوازیی منە، کە ناکرێت دەست لە گەڕانی خۆم بۆ گەیشتن بە واتای تەواوتر هەڵبگرم." تا ئێستا واتای تەواوتر نەدۆزراوەتەوە، هەر بۆیە ناچارین زۆرتر سوود لە لێکدانەوەی کۆپنهاگن وەربگرین. دەرکەوتووە ئەم لێکدانەوەیە دەگات بە پرسێکی گەورەی تر، کە ئەنجامە واتایی و فەلسەفییەکانی دەچێتە دەرەوەی ئەم بابەتە. ئەم پرسە پرسی پێوانە (Measurement Problem)، کە لەم بەشە و بەشەکانی تری کتێبەکە قسەی لەسەر دەکەین.

پرسی پێوان

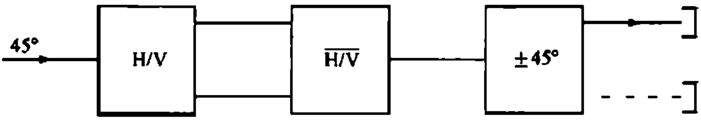
بۆ تێگەیشتن لە سروشتی پرسی پێوان لە فیزیای کوانتەمیدا جارێکی تر دەگەڕێینەوە سەر نموونەی پێوانی جەمسەرگیری، کە لە کۆتایی بەشی دووەمدا باسمان لێ کرد. چونکە ئەمە زۆر گرنگە، جارێکی تر وەبیرتان دەهێنینەوە. فۆتۆنێک لەبەرچاو بگرە کە جەمسەرگیرییەکەی لە پێوانی پێشترەوە ناسراوە و ٤٥° بەگوێرەی ئاسۆیە و لە جەمسەرگرێکی H/Vوە لە نموونەی کریستاڵی کالسیتەوە تێدەپەڕێت. پرسیاری سەرەتایی کە لەوانەیە بیپرسین بریتییە لەوەی ئایا کریستاڵی کالسیت بە ڕاستی جەمسەرگیریی فۆتۆن دەپێوێت؟ وەڵامی ڕوون دەبێت بەڵێ بێت، بەڵام ئەگەر بپرسین چۆن دەزانی؟ وەڵامەکە بریتی دەبێت لەوەی کە پێوانەکان لەسەر تایبەتمەندیی ئەو فۆتۆنانەی کە دواتر لە دوو کەناڵەکەوە دەردەچن، بە دڵنیاییەوە پشتڕاستی دەکاتەوە، کە جەمسەرگیرییەکانیان بە ڕیز ئاسۆیی یان ستوونییە. بەتایبەتی ئەگەر فۆتۆنەکان لە جەمسەرگرێکی H/Vی ترەوە تێبپەڕن،

ئەو فۆتۆنـــانەی کە لە کەنـــاڵی ئاســـۆیی جەمســـەرگری یەکەمەوە تێپەڕیون لە هەمان کەناڵی جەمسەرگری دووەمەوە تێدەپەڕن (وێنەی ٤:١).

بە هەرحـاڵ، ئێسـتا جـارێکی تـر ئەو تـاقیکردنەوەی لە کۆتـایی بەشـی دووەمـدا بـاس کـراوە و جـارێکی تـر لە وێـنە ٤:٣ شــی کـراوەتەوە، لەبەرچاو بگرە. گوررزەیەکی فۆتـۆنی جەمسـەرگیراوی °٤٥ بەگوێرەی ئاسـۆ، وەک پێشـوو لە جەمســەرگرێکەوە کە ڕێـک خـراوە بـۆ ئەوەی H/V بپێوێت، تێدەپەڕێندرێت. بە هەرحاڵ، ئێستا فۆتـۆنە دەرچووەکـان لە کەناڵەکـانی جەمسـەرگیرییەوە، بە هـۆی کریسـتاڵێکی کالسـیتەوە بە شێوەی پێچەوانە دەگەڕێندرێتەوە بۆ هەمـان ڕێچکەی سـەرەتایی، بە جۆرێـک سـەبارەت بە گـوررزەی کۆتـایی زەحمەت دەبێت بگوترێت لە کـام کەنــاڵی تــایبەتەوە تێپەڕیــوە. ئەگەر ئــامێری H/V بە ڕاســتی پێـوانەکەی ئەنجـام دابـوو، کە وا بـوو گـوررزەی دەرچـوو لە ئـامێری $\overline{H/V}$ دەبێـت تـێکەڵەیەک بێـت لە فۆتـۆنە جەمسـەرگیراوە ئاسـۆیی و ستوونییەکان و ئەم فۆتۆنانە لە کاتی تێپەڕین لە جەمسـەرگری °٤٥∓ بە شێوەی ڕێکەوت لە کەناڵەکانی°٤٥ + و °٤٥– دەرباز دەبوون.

بەڵام لە هەقیقەتـدا ئەم شــتە ڕوو نــادات؛ ئەگەر ئـامێرەکە بە وردی ڕێـک خرابێـت، بە شـێوەیەک مەودا بڕاوەکـان لە دوو کریسـتاڵەکەی HV ڕێــک یەکســـان بـــن، ئەو فۆتۆنـــانەی لە کریســـتاڵی دووەمەوە دەردەچـن هەموویـان لە ئاڕاسـتەی °٤٥+ جەمسـەرگیراون، واتە ڕێـک دۆخـی سـەرەتاییەکەیان. کـاریگەریی پێـوانی نێـوانگیر بەت ەواوەتـی سڕاوەتەوە! نازانین فـڵانە فۆتـۆنی تـایبەتی لە کـام کەنـاڵەوە تێپەڕیـوە، هەر بـۆیە دەکرێـت بڵێـین لە ڕاسـتیدا هـیچ پێـوانێکی H/V ئەنجـام نەدراوە. وەک لە بەشـی دووەمـدا ڕوونمـان کـردەوە، ئەم ڕەفتـارە لە چوارچێـوەی مـۆدێلی شـەپۆلی بـۆ ڕوونـاکی چـاوەڕوان کـراوە. سـەرەڕای ئەوە، تەنــانەت بە ڕوونــاکیی زۆر لاوازیشـــەوە کە یەک

فۆتـۆن لە یەک سـاتدا لە ئـامێرەکەوە تێـپەڕ دەبێـت، ئەم تـاقیکردنەوە شیاوی ئەنجامدانەوە زۆر جاریش ئەنجام دراوە.
بـا بـڕوانینە ئەم بـارودۆخە بە بەکارهێنـانی چەمکـی سـەریەککەوتن (Superposition)؛ ئێمە لە بەشی دووەمدا پیشـانمان دا کە فۆتۆنێک لە دۆخی جەمسـەرگیریی ٤٥°دا دەکرێت وەک سـەریەککەوتنی h و v لەبەرچاو بگیردرێت.



وێــــنەی ٤:٣: ئەگەر ئەو فۆتۆنـــانەی لە جەمســـەرگیریی H/Vیەوە دەردەچـــن، لە جەمســـەرگری پـێچەوانەوە تێپـــەڕن، دۆخـــی ٤٥° سەرەتایی دروست دەبێتەوە. دەکرێت بگەین بەو ئەنجامەی کە پێوانی کوانتەمیی جەمسەرگیریی فۆتـۆن تەنیا ناکرێت بە بەکارهێنانی تەنیا یەک جەمسەرگری H/V ئەنجام بدرێت.

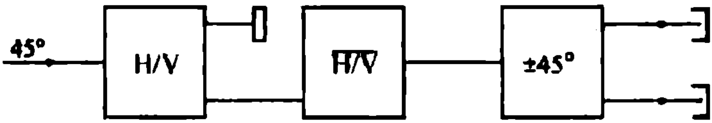
دەرکەوتووە ئەگەر ڕێسا ستاندەرەکانی فیزیـای کوانتەمی بـۆ فۆتـۆنی تێپەڕیـو لە نێـوان جەمسـەرگرەکانی وێـنەی ٤:٣ بەکـار بهێنـین، دۆخە پێشبینیکراوەکە بریتی دەبێت لە سەریەککەوتنی دۆخێکـی h لە کەنـاڵی H و دۆخێکـــی v لە کەنـــاڵی V. ئەم ســـەریەککەوتنە بە شـــێوەی سروشتی کاتێک لە جەمسەرگری پێچەوانەوە تێپەڕ دەبێت دەبێتەوە بە دۆخـــــی ٤٥°. بە هەرحـــــاڵ، ئەگەر لە کـــــاتی نێـــــوان دوو جەمســـەرگرەکاندا ئـــێمە جەمســـەرگیرییەکەیمان بپێـــوایەت، ئـــێمە سـەریەککەوتمان نەدەدی: لەبـری ئەوە دەمانـدی دۆخەکە دەڕووخێتە یەکێک لە دوانەکانی h یان v. ناخی پرسی پێوان بـریتییە لەوەی کە لە

چـــوارچێوەی پێـــوانەوە ئەمە چـــۆنە، کە ئـــێمە لەبـــری دۆخـــی سەریەککەوتنەکە بە هەڕەمەکی یەکێکیان دەپێوین.
بەم شێوەیە ئەگەر بە ڕاستی پێوان ئەنجام بدرێت، فۆتۆنەکە دەبێت لە یەکێک لە کەناڵەکانەوە ئەم یان ئەویان بە هۆی ژمێرەرێکی فۆتۆن یان ئامێرێکی هاوشێوەوە دەربخرێت. کە بریتی دەبێت لە فۆتۆنێک کە جەمســـەرگیرییەکەی بەپێـــی ئەوەی تێپەڕبـــوونی لە کـــام یەک لە کەناڵەکـانی جەمســەرگری H/Vوە بە هەســتەورێک تۆمـار کرابێـت، ئاسۆیی یـان ستوونی دەبێت. لە کـاتی نەبوونی وەهـا تۆمارکردنێک نابێـت جەمســەرگیرییەکەی نەزانـین و ئەگەر لە پێشیشـدا دەمـانزانی، نابێت لە نەگۆڕانی جەمسـەرگیرییەکەی سـەرمان بسووڕمێت. پێشتر بینیمان کە چۆن هەمیشە بۆر جەختی لەسەر گرنگیی پێوان دەکردەوە و هۆشداریی دەدا لە پێدانی هەقیقەت بە تایبەتمەندییە نەپێوراوەکانی سیستەمە کوانتەمییەکان.
تەنیـا کاتێک جەمســەرگیریی فۆتـۆن واتـادار دەبێت کە لە ئـامێرێکی جەمسەرگرەوە، کە هەڵگری هەستەوەرە، تێپەڕ ببێت.
دەرخســـتنی فۆتـــۆن دەکرێـــت واتـــای ئەوە بێـــت کە تەنـــۆلکەکە لە ئامێرێکەوە تێپەڕیوە و دەرچوونەکەی خۆی بە دەردانـی بریسکەیەک یان شتێکی تر تۆمار کردووە. بە هەرحاڵ، دەرخسـتن پێویسـت ناکـات زۆر ڕاســتەوخۆ بێـت. بـۆ نمـوونە، دەتـوانین یەکێـک یـان دوان لە ڕێچکەکـان بە پەڕەیەکی تاریک دابخەیـن (بۆ نموونە ستوونییەکەی)، هەموو فۆتۆنە دەرچووەکان دەکرێت لە کەنـاڵە ئاسـۆییەکەوە تێبپەڕن و لە دوایيـدا بە هەڕەمەکـی لە یەکێـک لەکەناڵەکـانی جەمســـەرگری ٤٥°∓وە دەربـاز بـبن (وێـنەی ٤:٤). ئەگەر ڕێـگەی کەنـاڵی ئاسـۆیی ببەسـتین شـتێکی هاوشـێوەی تـر ڕوو دەدات. سـەرەڕای ئەوە، ئەگەر ئـێمە سیسـتەمێکی میکـانیکی دابمەزرێـنین بـۆ ئەوەی پەردە ڕەشـەکە بجووڵێنێت بۆ ئەوەی بە سـەرە دوو کەنـاڵەکە بەکـار بێـنین، دووبـارە دەبینـــین گـــورزەی دەرچـــوو دەبێـــت بە تـــێکەڵەیەک لە فۆتـــۆنە

جەمسەرگیراوەکانی ئاسۆیی و ستوونی (باروودۆخێکی هاوشێوەی وێنەی ١:٤) دەکرێت کارێکی وردتر بکرێت و لەبری بەکارهێنانی پەردەهەستەوەرگەلێک لە ڕێگەی کەناڵێک کە فۆتۆنەکانی لێوە تێپەڕ دەبن دابنرێت. ئەوکات دەکرێت جەمسەرگیری H/V بەبێ تێدابردنی جەمسەرگیریی °٤٥+ بپێورێت، بەڵام دەردەکەوێت ئەم کارە نامومکینە، چونکە وەک لە سەرەوە باسمان کرد، ئەمان بگۆڕی تەواوکەرین (Complementary Variables) و هەر هەستەوەرێکی وەک ئەمە، بە شێوەیەک کار دەکاتە سەر فۆتۆنەکان، کە جەمسەرگیریی سەرەتایی°٤٥+ دەسڕێتەوە و فۆتۆنەکان بە شێوەی بە ڕێکەوت لە هەردوو کەناڵی شیکەرەوەی °٤٥وە تێدەپەڕن.

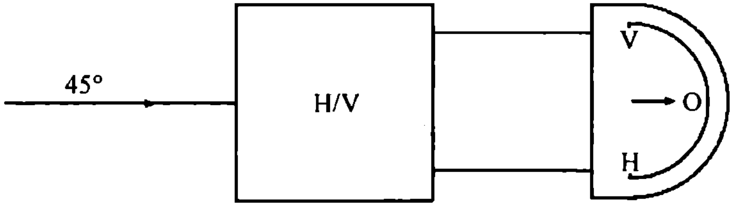
ئێستا ئەو ئارگیومێنتەی سەرەوە لە دیدگای تیۆری پێوانی کوانتەمییەوە کورت دەکەینەوە: کردارەکە بریتییە لەوەی ئەنجامدانی پێوانێک کە سەریەککەوتنی کوانتەمی پێشێل دەکات و دڵنیامان دەکاتەوە پێشهاتی ئەم یان ئەو پێوانە هەقیقییە و ڕوو دەدات. ئەگەر ئەم شێوازە بە شێوەی گونجاو بەکار بهێنرێت، کە وا بوو وەڵامی ڕاست لە هەموو باروودۆخە کردەکییەکاندا بەدەست دێت و ئەمەش بریتی دەبێت لە کۆتایی چیرۆکەکە. بەڵام ئەم شێوەیە نزیکبوونەوەیە بابەتی ڕەخنە سەرەکییەکەیە، سروشتەکەی لە پاشماوەی ئەم بەشەدا قسەی لەسەر دەکەین و دەلالەتەکانی زۆرترین بابەتی پاشماوەی کتێبەکەیە. لە کرداردا، ئێمە دەزانین کە چەمکی سەریەککەوتن بۆ تەنە کوانتەمییەکانی وەک فۆتۆن بەکار دێت، بەڵام ڕووخانەکە کاتێک ڕوو دەدات کە فۆتۆن کارلێک لەگەڵ تەنە مایکرۆسکۆپییەکانی وەک هەستەوەر دەکات، بەڵام پرسەکە بریتییە لەوەی ڕوون بکرێتەوە چی شتێک ماکرۆسکۆپییە. فیزیای کوانتەمی بنچینەییترین تیۆرییە کە دەیناسین و دەبێت بە شێوەی گەردوونی ڕاست بێت. بەتایبەتی فیزیای کوانتەمی دەبێت توانای ئەوەی هەبێت نە تەنیا شرۆڤەی تەنۆلکەکانی سکێڵی ئەتۆمی لە شێوەی فۆتۆنە تاکەکان، بەڵکو دەبێت

بۆ تەنە ماکرۆسکۆپییەکانی وەک شەپۆلەکانی ڕووناکی کە هەڵگری ژمارەیەکی زۆر فۆتۆنن، یان تۆپەکانی بیلیارد، یان بزوێنەری ئۆتۆمبیل، یان هەستەوەرەکانی فۆتۆن بەکار بێت. ماکرۆسکۆپیک چۆنە، کە تەنێک پێش ئەوەی ئێمە بتوانین ببینین دۆخەکەی تێک دەڕمێت؟



وێنەی ٤:٤: ئەگەر یەکێک لە ڕێچکەکانی نێوان H/V یان $\overline{HV}$ بلۆک بکرێت، جەمسەگیریی ٤٥° جارێکی تر دروست نابێتەوە و فۆتۆنەکان بە شێوەی هەڕەمەکی لە دوو کەناڵەکەی جەمسەرگری ٤٥° وە دەرباز دەبن.

بۆ وەڵامدانەوەی پرسیارەکان، دووبارە تاقیکردنەوەی پێوانی جەمسەرگیری لەبەرچاو دەگرین، بەڵام دەیگۆڕین، بەشێوەیەک هەستەوەرەکەی وەک وێنەی ٤:٥ی لێ بێت. هەستەوەرەکە دەبەستینەوە بە پێوەرێکەوە کە هێماکەی لە یەکێک لە سێ شوێنەکەدا بێت. شوێنی O بۆ دۆخی سەرەتایی، پێش ئەوەی فۆتۆنەکە لە ئامێرەکەوە تێپەڕێت، شوێنەکانی H و V بە ڕیز بۆ تێپەڕبوونی فۆتۆنەکانی h و v لە کەناڵی گونجاوی خۆیانەوە.



وێـــنەی ٤:٥: وای دابنـــێ کە ئـــامێری H/V بە شـــێوەیەک بە هەســـتەوەرەکە و پێـــوەرەکەیەوە بەســـتراوە، کە ئەگەر فۆتـــۆنی جەمســـەرگیراو ستوونی بێـت، هێمـای پێـوەرەکە لە Oوە بەرەو V و ئەگەر جەمسـەرگیریی ئاسـۆیی بێـت، لە Oوە بەرەو h بـڕوات، بەڵام بەپێی فیزیـای کـوانتەمی، بە هەمـان شـێوە تـا کاتێک پێوان ئەنجام نەدراوە ناکرێت بڵێین کە فۆتـۆنەکە ستوونییە یـان ئاسـۆیی، دەکرێت بڵێین هێماکە نە لەسەر Hە نە لەسەر V، مەگەر ئەوەی پێوان ئەنجام بدرێت.

ئێستا با بزانین چی ڕوو دەدات کاتێک فۆتۆنێکی ٤٥°+ لە ئـامێرەکەوە تێدەپەڕێت: ئەگەر ئێمە وای دابنـێین سیستەمەکە بریتییە لە ئـامێرکی پێوانی تێکڕمـان، دەبێت چاوەڕێ بکەیـن هێمـاکە بەرەو H یـان بەرەو V بە ئەگەری یەکسانەوە بچێت. بەڵام ئێستا وا بیر بکەرەوە هەمـوو سیستەمەکە، تەنێکی کوانتەمی بێت. هەمـان ئارگومێنت پێمـان دەڵێت کە فۆتـۆنەکە دەکەوێـتە سـەریەککەوتنی h و Vوە، تـا ئەو کـاتەی تێپەڕبوونی لە یەکێک لە کەناڵەکانەوە تۆمار دەکرێت: شـوێنی هێمـاکە لە سـەریەککەوتنی شـوێنەکانی H و Vدا دەبێـت تـا ئەو کـاتەی ئەم شوێنە دەپێورێت. تـا ئەو کـاتەی ئەم پێوانە ئەنجام نەدراوە، هەمیشـە دەکرێت میکانیزمێکی هاوشێوە یان جەمسـەرگری پێچەوانە لە وێنەی ٤:٣ باسـی بکرێت. لەم دۆخەدا دەکرێت دوو گـورزەکە پێکەوە ئـاوێتە بین و دۆخی سـەرەتایی ٤٥° دروست بکەن و هێماکەرەکە بگەڕێتەوە شـوێنی O. ئەمە دەکرێـت تەنیـا کاتێـک نەمێنێـت ئەگەر ئێمە شـوێنی

هێماکە بپێوین، بۆ نموونە بە دانانی نزیک لە ئامێرەکە بۆ ئەوەی وێنەی هێماکە، پێش ئەوەی بگەڕێتەوە دۆخەکەی خۆی، تۆمار بکات. بەڵام ئەمە تەنیا دەکرێت چارەسەرێکی کاتی بێت، چونکە کامێراکەش دەکرێت وەک تەنێکی کوانتەمی دابنرێت، کە دۆخەکەی نەزانراوە تا ئەو کاتەی پێوان لەسەری ئەنجام دەدرێت. ئەم ئارگیومێنتە دەکرێت تا بێکۆتایی درێژە بکێشێت، بەڵام لەوە دەچێت خاڵێکی دیاریکراو بوونی نییە کە بکرێت بڵێین پێوان ئەنجام دراوە.

خاڵی ناوەندی پرسی پێوانی کوانتەمی دەکرێت بە شێوەی ژێرەوە پوخت بکرێت. لێکۆڵینەوەی ئێمە لەسەر ڕەفتاری تەنە مایکرۆسکۆپییەکانی وەک فۆتۆنەکان پیشان دەدات، کە ئەگەر بەبێ پێوان، تایبەتمەندییەک بدەین بە فۆتۆنەکان، دژبەیەکی دروست دەبێت. بە هەرحاڵ، ئەگەر فیزیای کوانتەم تیۆرییەکی گەردوونی بێت، دەبێت بکرێت لەسەر خودی ئامێری پێوانیش بەکار بهێنرێت، هەر بۆیە تا کاتێک پێوان ڕووی نەداوە، ناکرێت بڵێین لە دۆخێکی تایبەتدایە.

شێوەیەکی تری دەربڕینی پرسەکە بریتییە لەوەی کە فۆتۆنی ٤٥° کە لە ئامێری HV بەبێ دەرخستن دەرچووە، بە شێوەی زاتی ئەو توانایییەی هەیە، کە جەمسەرگیریی H/V یان ئەگەر لە ئامێری دروستکردنەوەی جەمسەرگری ٤٥°وە تێپەڕ ببێت، جەمسەرگیرییە ٤٥°ەکەی خۆی بپارێزێت. تەنیا دوای یەکێک لە پێوانەکانە ئەم ئەگەرانە نامێنن. بە هەمان ڕێگە ئەگەر تیۆری کوانتەم، تیۆرییەکی گەردوونی بێت، دەبێت پێش پێوان ئامێری هەستەوەر توانای پیشاندانی هەردوو دۆخەکەی هەبێت. کێشە کردەکییەکانی پیشاندانی دووبارەی وەها دۆخێک وەک دووبارە دروستکردنەوەی دۆخی فۆتۆنی ٤٥° ئێجگار زۆرە. ئامێرەکانی پێوانی ڕاستەقینە لە ژمارەیەکی زۆر ئەتۆم پێک هاتوون و پێش ئەوەی هیچ کاریگەرییەک پیشان بدرێت، هەموو ئەم ئەتۆمانە دەبێت بۆ هاتنەوەی ناوەوەی

فۆتۆن بگەڕێنەوە، ئەم کارەش بە کردەوە مومکین نییە. هەر بۆیە لە بنەڕەتدا هیچ شتێک لە ئارادا نییە تا بڵێین پێوان ئەنجام دراوە.

پشیلەکەی شرۆدینگێر (Schrödinger's Cat)

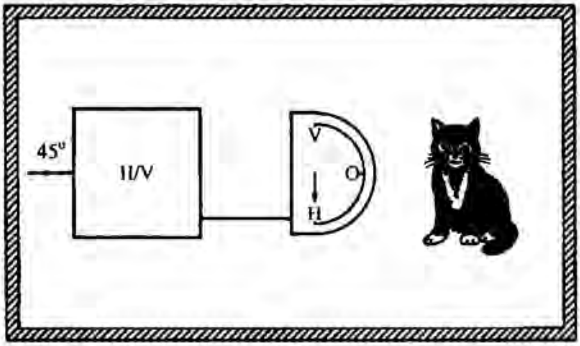
ئێروین شرۆدینگێر، کە یەکێک بوو لە دامەزرێنەرانی میکانیکی کوانتەمی (بڕوانە بەشی یەکەم)، بە گرافیکی شرۆڤەی پرسێکی کردووە، کە لە ئەنجامی کاریگەریی پێوانەکان لەسەر سیستەمی کوانتەمی دروست دەبێت. ئەو باروودۆخێکی وەک وێنەی ٦:٤ی لەبەرچاو گرت لە ناو قوتوویەکی گەورەدا سەرچاوەیەکی ڕووناکی، جەمسەرگرێک و هەستەوەرێک و دەمانچەیەکی پڕ لە فیشەک (یان چەکێکی کوشەندەی تر) و پشیلەیەک هەیە. سەرەڕای ئەوە هێمای هەستەوەرەکە بە ڕێگەیەک بە پەلەپیتکەی دەمانچە پڕکراوەکەوە بەستراوەتەوە، کە ئەگەر فۆتۆنی دەرچوو لە جەمسەرگرەوە، جەمسەرگیرییەکەی ستوونی بێت دەمانچەکە دەتەقێت و پشیلەکە دەکوژێت و ئەگەر فۆتۆنەکە جەمسەرگیریی ئاسۆیی بێت، کاریگەریی لەسەر دەمانچەکە نییە و پشیلەکە زیندوو دەمێنێتەوە. کاتێک سەری قوتووەکە نرابێتەوە، پشیلە و ئامێرەکە بە تەواوەتی لە ڕووناکی و دەنگ و نیشانەیەکی تر کە هەواڵی ناو قوتووەکە بهێنێتە دەرەوە، دابڕاون. ئێستا دەپرسین ئەگەر فۆتۆنێکی ٤٥° لە سەرچاوەی ڕووناکییەوە دەربچێت، چی ڕوو دەدات؟ ئەگەر پشیلەکە وەک هەستەوەر لەبەرچاو بگرین، وەڵامەکە ڕوونە: پشیلەکە دەکوژرێت ئەگەر فۆتۆنەکە بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراو بێت و بە زیندوویی دەمێنێتەوە ئەگەر جەمسەرگیرییەکە ئاسۆیی بێت.

بەڵام چاودێرێک کە لە دەرەوەی قوتووەکەدایە و لێکدانەوەی کۆپنهاگنی پەسەند کردووە، چی دەڵێت؟ لەوانەیە ئەو بەبێ پێوانی سیستەمەکە هیچی پێ نەگوترێت. لە دیدی ئەوەوە ئەم پێوانە بە کردنەوەی دەرگەی قوتووەکە و بینینی دۆخی (مردوو یان زیندوو)

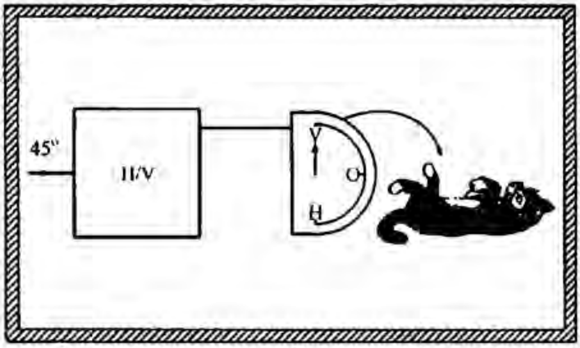
پشـیلەکە ئەنجـام دەدرێـت. سـەرەڕای ئەوە، چـاودێر دەگـات بەو ئەنجامەی تا پێش ئەنجامدانی ئەم بینینە، دۆخێکی تریش مومکینە، کە لەودا دۆخی سەرەتایی قوتووەکە و ناوەڕۆکەکەی ناگۆڕێن، هەر بۆیە ناکرێـت بڵێـین کە سیسـتەمەکە گـۆڕاوە: واتە فۆتـۆنەکە هێشـتا جەمسـەرگیریی ٤٥° خـۆی پاراسـتووە و پشـیلەکە تـا ئەنجامـدانی کرداری بینین لە دۆخی نە زیندوو یان مردوودا دەمێنێتەوە.

دەکرێـت ئەم خـاڵە بە نمـوونەیەکی تـر لە پێـوانی کـوانتەمی، بە شـێوەیەکی سـەرنجڕاکێش زیـاتر ڕوون بکـرێتەوە: دەرکەوتـووە پەرەسەندنی بوونەوەرە زیندووەکان لە ئەنجامی بازدانی DNAی لە مـادە جینیتیکییەکانـدا ڕوو دەدات، کە دەبێـت بە هـۆی گـۆڕان لە تایبەتمەندیی نەوەکاندا. هەروەها بە باشـی دەرکەوتووە ئەم بازدانانە دەکرێت بە هۆی تەنۆلکە پڕوزەکانی تیشکی گەردوونییەوە ڕوو بدات. بەڵام ئەم تیشکە گەردوونییە ملکەچی یاساکانی فیزیای کوانتەمییە و هەر تەنـۆلکەیەکی ئەم تیشـکە ڕێچکەگەلێکـی تـایبەتی دەبڕێـت و لە ئەنجامدا تەنیا هەندێکیان دەتوانن بازدانەکە دروست بکەن. هەر بۆیە کـرداری بـازدان ڕێـک ڕۆڵـی کـرداری پێـوان ئەنجـام دەدات، کە هاوشێوەی بینینی فۆتۆنێک لە لایەن جەمسەرگرێکەوەیە. ئێستا ئەگەر خانەی بایۆلۆژی بە سیستەمی کوانتەمی بزانین، تا ئەو کاتەی بینین ئەنجـام نەدراوە، ناکرێت بڵێـین کە کـرداری بـازدان ڕووی داوە یـان نەخێر. ئەگەر هەموو جیهان بە سیستەمێکی کوانتەمی حیساب بکەین، تا پێش بینین ناکرێت بڵێین کە جۆرە جیاوازەکان پەرەیان سەندووە یـان نـا. جیهـان دەبێت هەردوو دۆخـی پەرەسـەندن و پەرەنەسـەندنی لەخۆ گرتبێت و دۆخێک لەوانەیە بێتە پێش کە لەودا دوو ئیمکانەکە لە پـاڵ یەکتریـدا بـن و دۆخـی سـەرەتایی دروسـت بـکەنەوە، ڕێـک وەک دروسـتبوونەی دووبـارەی دۆخـی ٤٥° کە بە هـۆی جەمسـەرگری پێچەوانەوە لە وێنەی ٣:٤دا دروست دەبێت.

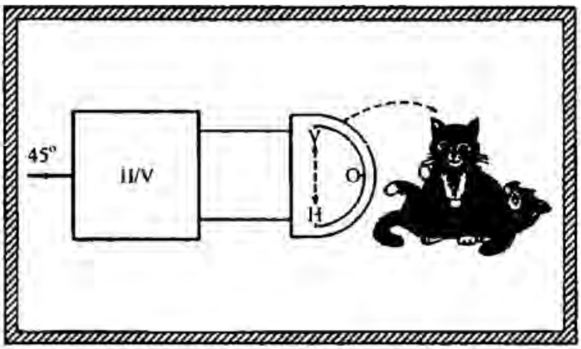
لێرەدا لەوانەیە خوێنەری وردبین بیر لە هەندێک شتی وەک ئەمە بکاتەوە: "باشە، ئەگەر فیزیای کوانتەمی دەڵێت نیوەی دەمانچەکە تەقێنراوە و نیوەی نەتەقێنراوە و پشیلەکە نیوە مردوو و نیوە زیندووە، یان ئەوەی جیهان هەڵگری جۆرە بایۆلۆژییەکە کە نیوەیان هەن و نیوەیان نین، ئەوکات ئەم تیۆرییە، ناکرێت زیاتر لە تیۆرییەکی گاڵتەجار بێت. من ئەم کتێبە وەلا دەنێم و هەموو ئەم قسە پووچانە فەرامۆش دەکەم" بەڵام ڕاستییەکەی ئەوەیە، کە ئەم لێڵبوونە ئەنجامی تیۆری فیزیای کوانتەمییە، کە خاڵی سەرەکیی باسەکەیە. بە هەرحاڵ، فیزیای کوانتەمی هەرچەندە لە شرۆڤەی سیستەمە ئەتۆمی و نیمچە ئەتۆمییەکانیشدا سەرکەوتوو بووبێت، بەڵام تا ئێستا دەبێت ڕوون بووبێتەوە، کە لێکدانەوەکەی بۆ ژمێرەرەکان، پشیلەکان و سیستەمە بایۆلۆژییەکان بە تەواوەتی هەڵەیە. شتێک دەمانەویست تیۆری بنچینەیی کۆتاییە بۆ جیهانی سروشتی، کە کێشەی جدیی هەیە.



(a)



(b)



(c)

وێنەی ٤:٦: پشیلەی شرۆدینگێر، (a) ئەگەر فۆتۆنێک لە کەناڵی ئاسۆیی جەمسەرگرەوە دەربچێت پشیلەکە ساغ و سەلامەت دەمێنێتەوە. (b) بەڵام ئەگەر فۆتۆن بە شێوەی ستوونی جەمسەرگیراو بێت ئامێرێکی کوشندە دەکەوێتە کار و پشیلەکە دەکوژێت. (c) ئایا بەپێی فیزیای کوانتەمی مادەم سەری قوتووەکە لا نەبراوە و دۆخی پشیلەکە نەبینراوە، پشیلەکە لە دۆخی نە مردوو، نە زیندوودا دەبێت؟

بەڵام چۆن دەکرێت ئەم تیۆرییە چاک بکرێت تا پەسەند بکرێت؟ لە هەندێک شوێندا دەبێت زنجیرەی پێوانەکان بپچڕێت، هەر بۆیە دەکرێت بڵێین ئەو هەلە بڕخسێت بڵێین سیستەمە فیزیاییەکە لە دۆخێکی تایبەتدایە. ئێمە بینیمان کە ئەم خاڵە دەکەوێتە ئەودیوی تاکفۆتۆن و جەمسەرگرەوە، بەڵام ئەوەی بە ڕاستی گۆڕان لە هەستەوەردا ڕوو دەدات یان شوێنێکی تر، هێشتا پرسیارێکی بێوەڵامە، کە بابەتە ژمارەیەکی زۆر گفتوگۆ بووە. لێکدانەوەی کۆپنهاگن جەخت دەکاتەوە لەسەر ئەوەی گۆڕان کاتێک ڕوو دەدات، کە دەرخستنی ڕووداوێک لە ئامێرێکی ماکرۆسکۆپی دێتە ئاراوە، بەڵام هیچ ئۆبژەیەکی دیاریکراو لە ئارادا نییە پێمان بڵێت مەبەست لە ماکرۆسکۆپیک چییە.

لەوانەیە لەم بابەتە باشتر تێبگەین ئەگەر پارچەیەکی جیاوازی فیزیای سەدەی بیست لەبەرچاو بگرین؛ وەک لە بەشی یەکەمدا باسمان کرد، فیزیای تەنە گەورەکان لە سەدەی نۆزدەدا لەسەر بنچینەی میکانیکی نیوتنی و کارۆموگناتیسیی **ماکسوێل** بە باشی ناسرا بوو. بە هەرحاڵ، لە سەرەتای سەدەی بیستدا، **ئاینشتایین** پیشانی دا کە ئەم تیۆرییە کلاسیکییە بۆ ئەو تەنانەی بە خێرایی نزیک لە خێرایی ڕووناکی دەجووڵێن، دەبێت بە تیۆرییەکانی ڕێژەیی جێگەی پڕ بکرێتەوە. تایبەتمەندییەکی گرنگی ڕێژەیی بریتییە لەوەی کە بۆ هەموو تەنەکان

چی هێواش چی خێرا بەکار دەهێنرێت: تەنیا ئەوەی کاتێک خێراییەکە لە چاو خێرایی ڕووناکی زۆر بچووک بێت، کاریگەرییەکەی بچووک دەبێت. گواستنەوەیەکی هێواش لە ڕەفتاری خێرایی نزمدا هەیە، کە دەکرێت چاوپۆشی لە کاریگەرییە ڕێژەییەکان بکرێت، هەڵبەت لە خێراییە بەرزەکاندا هەموویان گرنگن. پرسی پێوانی کوانتەمی دەکرێت چارەسەر بکرێت ئەگەر هەندێک پارامیتەر لە بارودۆخی کوانتەمیدا هەبوایەت، کە دڵنیاییی بکردینایەتەوە لەوەی گواستنەوەیەکی نەرمی(Smooth Transition) هاوشێوەش لەم بابەتەشدا هەیە کە لەو ڕێگەوە ڕووخانی سەریەککەوتن (Superposition) بۆ دۆخێک جێ بکاتەوە. بە هەرحاڵ، لە لێکدانەوەی ستاندەری فیزیای کوانتەمیدا هیچ شتێک نییە بە تەواوەتی ئەو ڕۆڵەی خێرایی تەنۆلکە لە ڕێژەییدا بگێڕێت. ئێمە ناچارین یاساکانی فیزیای کوانتەمی بگۆڕین، وەک چۆن هەندێک کەس هەوڵی بۆ دەدەن (بڕوانە بەشی حیوتەم) یان بەدوای ڕێگەیەکی تردا بگەڕێین بۆ ئەوەی ئەم کێشەیە چارەسەر بکەین.

ئامانجی پاشماوەی ئەم کتێبە بریتییە لە قسەکردن لەسەر ئەو ئایدیایانەی کە بە ئومێدی چارەسەری ئەم بابەتە هاتوونەتە ئاراوە؛ ئەمە دەمانگەیەنێت بە لەبەرچاوگرتنی هەندێک ئایدیای سەیر لەسەر سروشتی گەردوون و شوێنی ئێمە تێیدا. ئایا ئێمە تاکە بوونەوەری خاوەن ڕۆحین و ئایا ئەمە بۆ تێگەیشتن لە هەقیقەتی فیزیایی پێویستە؟ ئایا جگە لەم گەردوونە، گەردوونگەلێکی تریش هەن کە لە کاتی پێواندا لەگەڵ یەکتریدا کارلێک دەکەن؟ ئایا ڕێگە چارەیەکی زەوییانەتر (کردەکی) بۆ ئەم پرسە هەیە؟ قسە و باسەکانمان لە بەشی داهاتوودا بە هێنانئارای یەکێک لەم پرسیارانە دەست پێ دەکەین.

بەشی پێنجەم
ئایا هەموو شتێک زیهنییە؟

لە بەشی پێشوودا بینیمان پرسی پێوان لە تیۆری کوانتەمیدا کاتێک دەردەکەوێت کە ئامێری پیوان بە سیستەمێکی کوانتەمی دابنرێت. بۆ پێوان، ئامێری زیاتر پێوستن، کاتێک دۆخی یەکەم ئامێر دەپێورێت وا دیارە زنجیرەیەک لە پێوانەکان پێویست دەبێت، کە تا بێکۆتایی درێژە دەکێشێت. بە هەرحاڵ، شوێنێک هەیە کە وا دیارە ئەم زنجیرە بە ڕواڵەت دوورودرێژە بە دڵنیاییەوە کۆتایی پێ دێت، ئەویش کاتێکە زانیارییەکە دەگات بە ئێمە. لە ئەزموونەوە دەزانین کە کاتێک تەماشای فۆتۆنێک لە هەستەوەرێکی فۆتۆنیدا دەکەین، دەبینین ئەم ئامێرە یان تێپەڕبوونی فۆتۆنێک تۆمار دەکات یان نایکات. کاتێک ئێمە سەری قوتووەکە لا دەبەین و تەماشای پشیلەکە دەکەین، یان بە مردوو دەیبینین یان بە زیندوو؛ ئێمە هەرگیز دۆخێکی نیوانیوی، واتە چۆنایەتییەک کە فیزیای کوانتەمی پێش پێوان پێشبینی دەکات، نابینین. هەر بۆیە دەگەین بەو ئەنجامەی مرۆڤ دەبێت وەک دوایین ئامێری پێوان تەماشا بکرێت. ئەگەر وایە، چی لایەنێکی مرۆڤە وەها تایبەتمەندییەکی تاقانەی پێ دەدات؟ ئەم پرسیارە و دەلالەتەکانی بابەتی ئەم بەشەن.

ئێستا بە وردبینیی زیاترەوە دەمانەوێت بزانین کاتێک مرۆڤ دۆخی کوانتەمی سیستەمێک دەبینێت، چی ڕوودەدات. تێپەڕبوونی فۆتۆنی ٤٥° لە شیکارێکی جەمسەرگیرییەوە، کە هێمایەک بەرەو یەکێک لە دوو شوێنەکە (H یان V)، بەندە لەسەر ئەوەی جەمسەرگیریی فۆتۆنەکە ئاسۆیی یان ستوونییە، دەبات لەبەرچاو دەگرین. لانیکەم کاتێک شیکەرەوەکە و هێماکە (Analyser and Pointer) وەک ئامێری پێوان ڕەفتار دەکەن. لە لایەکی ترەوە ئەگەر ئەوان بە بەشێک لە سیستەمێکی کوانتەمی بزانین، دەبێت وای دابنێین تا هێماکە نەبینراوە لە نێوان H وVدا دەمێنێتەوە. ئێستا مرۆڤێکی چاودێر دەهێنینە ناو تاقیکردنەوەکەوە کە تەماشای هێماکە دەکات (دەکرێت وای دابنێین کە چاودێرکە هەستێکی تری وەک بیستن بەکار دەهێنێت، بەتایبەتی دەنگی گۆڕینی شوێنی هێماکە دەبیستێت، بەڵام ڕوونتر دەبێت ئەگەر ببینێت). بە زمانی فیزیا دەبێت بگوترێت کە ڕووناکی بە هۆی هێماکەوە بڵاو دەبێتەوە و دەگات بە چاوی چاودێرەکە و نیشانەکان دەگات بە تۆڕی چاو و لە ڕێگەی دەماری چاوەوە دەگات بە مێشک. تا ئێرە ڕێک وەک دۆخێکە کە بە هەر ئامێرێکی پێوان ئەنجام دەدرێت و هیچ هۆیەک لەئارادا نییە بۆ تاقانەبوونی کرداری مرۆڤ لەئارادا نییە. بەڵام لێرە بەدواوە پێوان دەبێت بە بەشێک لە زانیاریی چاودێر، ئێستا ئیتر ئەو هۆشیارە کە ئەم زانیارییانە لە ناو زیهنیدایە. هەر بۆیە تایبەتمەندییەک کە مرۆڤ لە شتەکانی تری گەردوون جیا دەکاتەوە هۆشیارییەکەیەتی. ئەگەر ئەم نزیکبوونەوەیە بۆ پرسی پێوانی کوانتەمی بپەژرێنین، هۆشیاریی زۆر زیاتر لەوەی بیری لێ دەکەینەوە لە فیزیادا ڕۆڵ دەبینێت.

نموونەیەک کە جیاوازیی نێوان چاودێرێکی هۆشیار و ئامێرێکی ئاسایی پێوان پیشان دەدات، بە گۆڕینەوەی پشیلەکەی **شرۆدینگەر** بە هاوڕێیەکەی **ویگنەر**، دەستەبەر دەبێت. **ویگنەر** لە پەرەپێدانی تیۆری پێوان ڕۆڵێکی سەرەکیی هەبووە. لەم نموونەیەدا پشیلەکە بە

هاوڕێیەک و تفەنگەکە بە هەستەوەرێک دەگۆڕینەوە و کاتێک سەری قوتووەکە لا دەبەین، لە هاوڕێیەکەمان دەپرسین چی ڕووی داوە و ئەو بە ئێمە دەڵێت هێماکە لە کاتێکی تایبەتدا چووەتە سەر H یان V. هەڵبەت ئیتر بە پشتبەستن بە هاوڕێیەکەمان ناتوانین بە کۆمەڵەی قوتوو و ناوەخنەکەی بڵێین سیستەمی کوانتەمی. چونکە ئەوکات مادام پرسیارمان لێ نەکردووە، ئەو دەکەوێتە دۆخێکەوە کە نازانێت ئایا هێماکە چووەتە سەر H یان V! پشیلەکە بە ڕاستی لەوانەیە مردوو یان زیندوو بێت، بەڵام دۆخی هاوڕێکەی ئێمە لانیکەم لە دیدی خۆیەوە بە تەواوەتی دیاریکراوە. هەر بۆیە تیۆری کوانتەمی هۆشیار بەندە لەسەر ئەو گریمانەیەی کە مرۆڤی هۆشیار جیاوازە لە هەموو بوونەوەرەکانی تری گەردوون. لە پاشماوەی بەشی داهاتوودا هەندێک بەڵگە بۆ پشتڕاستکردنەوە یان ڕەتکردنەوەی ئەم گریمانەیە باس دەکەین و هەوڵ دەدەین بزانین، کە ئایا ئەم هۆشیارییە دەتوانێت بۆ بنچینەی تیۆرییەکی کوانتەمی دڵخۆشکەر بێت یان نا.

هەڵبەت ئەو ئایدیایەی کە هۆشیاریی مرۆڤ تاقانەیە و جیاوازە لە بوونەوەرەکانی تری گەردوون، بابەتێکی کۆنە و لایەنگری زۆرە. پیاوان و ژنان لەو کاتەوەی بیریان لە بوونی خۆیان کردووەتەوە (لەوانەیە لەو کاتەوەی مرۆڤ گەیشتووە بە خودهۆشیاری) گەیشتوون بەو ئەنجامەی کە هۆشیاریی مرۆڤ کە هەندێک جار پێی دەگوترێت زیهن (Mind)، خود (Self) یان ڕۆح (Soul)، شتێکی جیاوازە لە جیهانی فیزیایی. ئەم ئایدیایە تەوەری سەرەکیی ئایینە سەرەکییەکانی جیهانە، کە بەپێی ئەوان هۆشیاری و زیهن دەکرێت بە شێوەی سەربەخۆ لە جەستەی مرۆڤ هەبێت. لە هەندێک ئایینەکاندا تەنانەت دوای مەرگی بوونێکی جیاواز (لەوانەیە ئاسمانی) بۆ دەستەبەر دەکەن، لە هەندێکی تریان بە بەشێوەی تەناسوخ (Reincarnation) دەچێتە لەشێکی بە تەواوەتی نوێ، یان لە ڕۆژی دادوەریی کۆتاییدا دەچێتەوە لەشە کۆنەکە.

کتێبێکــی ســـەدەی بیســـت کە لەســـەر جیـاوازیی ڕۆح و جەســـتە ئارگیومێنت پێشکەش دەکات، لە لایەن براوەی فەیلەسووفی ناسراو **سێر کارڵ پۆپەر** و براوەی خەڵاتی نۆبڵ و زانای مێشک **سێر جان ئیکلزوە** لە ساڵی ١٩٧٧، بە ناوی *خود و مێشکەکەی* (*The Self and Its Brain*) نووسراوە، کە بە ڕوونی دیدگاکەیان پیشان دەدات. هەڵــبەت مــومکین نیــیە لەســـەر ٦٠٠ لاپەرە ئارگیومێنــت لە چەنــد پاراگرافـــدا قســـە بکرێـــت، بەڵام دەکرێـــت هەوڵ بـــدەین ئایـــدیا ســـەرەکییەکانی کـــورت بکەیـــنەوە. **پـــۆپەر** بە پێناســـەی هەقـــیقەت (Reality) دەست پێ دەکات: شتێک هەقیقیە کە لەسـەر ڕەفتاری تەنێکـی فیزیـایی لە سـکێڵی گەورەدا کـاریگەری دابنێـت (لە ڕاسـتیدا **پۆپەر** بۆ دوورکەوتنەوە لە گەنگەشـەی لەسـەر ڕەفتـاری کـوانتەمی تەنە مایکرۆسـکۆپییەکان، ئامـاژە بە تەنـی گەورە دەکـات، هەر بـۆیە پرسی شاراوەی گونجان، کاتێک بمانەوێت ئایدیاکەی بۆ پرسـی پێوان بەکـــار بهێنـــین لەئـــارادایە). لە ڕاســـتیدا ئەمە پێناســـەیەکی زۆر پارێزگـارانەیە بـۆ هەقـیقەت و بەگشـتی لە لایەن زۆربەی خەڵـکەوە پەسـەند دەکرێت، بەچەند نموونە ئەمە ڕوون دەکرێتەوە. بەم شـێوە تەنـی فیزیـایی (قەبـارە گەورە) دەبێـت خۆیـان هەقیقـی بـن، چـونکە دەکرێـت لەگەڵ یەکتریـدا کارلێـک بـکەن و کـاریگەری لەسـەر یەک دابنێن. توخمی نەبینی وەک هەوا هەقیقین، چونکە دەتوانن کار بکەنە سـەر تەنە ڕەقە هەقیقییەکان. بە هاوشـێوەیی بوارەکـانی کێشـکردن و موگناتیســی هەروەهــا هەقیقــین، چــونکە بوونیــان دەبێــت بە هــۆی جــووڵەی تەنەکــان: تەنە بەربووەکــان دەکەونە خــوارەوە، مانــگ بە دەوری زەویـدا دەسـووڕێتەوە، بـزۆکەی موگناتیسـی بەرەو بـاکور لا دەدات و تـا دوایـی. **پۆپەر** دەڵێت هەمـوو ئەم تەنـانە و توخمەکـان و بوارەکـان هیـی جیهـانی یەکەمـن. لە فەلسـەفەی **پۆپەر**دا دوو جیهـانی تـریش بـوونی هەیە، جیهــانی دووەم بـریتییە لە دۆخەکــانی زیهنــی مرۆڤ (Human Mind)، هۆشیاری (Conscious) و ناهۆشیاری

(Uuncosciou). ئەم جیهـانەش هەر بەو هۆکـارانەی بـۆ جیهـانی یەکەم بـاس کـرا، دەکرێـت هەقیقـی بـن، چـونکە دەکرێـت کـاریگەری لەسـەر تەنـی فیزیـایی دابنێن. بەم شـێوەیە مێشـک دەکرێت پەیـامێکی دیاریکراو لە دەمارێکەوە بگوازێتەوە و ببێت بە هۆی جووڵەی دەست یان پێ، ئەمەش بۆ خۆی کاریگەری لەسـەر جیهانی یەکەم دادەنێت، بۆ نموونە تۆپێکی دوو گۆڵی شوت بکات بۆ هەوا.

لەودیـوی جیهـانی یەکەم و دووەمە، جیهـانی سـێیەم هەیە. بە وتەی پۆپەر وەک بەرهەمـی زیهنـی مـرۆڤ پێناسـە دەکرێت. ئەمـانە تەنـی فیزیـایی یـان تەنیـا دۆخـی دەمـاغ نـین، بەڵکـو شـتگەلێکن وەک چیرۆکەکـان، ئەفسـانەکان، پارچەکـانی موزیـک، سـەلمێندراوە ماتماتیکییەکان، تیۆرییە زانستییەکان و تـا دوایـی. ئەمـانەش هەر بەو هۆکـارانەی کە سـەبارەت بە جیهانەکـانی یەکەم و دووەم بـاس کـران، هەقیقـین. بـۆ نمـوونە پارچەیەک موزیـک لەبەرچـاو بگـرە، پـارچەیەک موزیک چییە؟ تەنیا کـاغەز و حیبر نییە کە بەکـار دێت بۆ نووسـین، تەنیا دیسکێکی گوشراویش نییە کە تەنیـا مـوزیکێکی تـایبەت لەسـەری تۆمار کرابێت، ئەو تەنانەت شـێوازی سـەر دیسـکەکە یـان لەرینەوە لە هەواشـدا، لە کـاتی لێدانی موزیکیشـدا نیـیە. هیچکـام لەوانەی جیهـانی یەکەم موزیک نین، بەڵکو بۆ پـارچەیەک موزیـک هەن. موزیـک تەنێکی جیهـانی سـێیەمە، بەرهەمێکـی زیهنـی مـرۆڤە کە دەبێـت بە هەقیقـی هەژمـار بکرێـت، چـونکە بـوونی کـاریگەری لەسـەر تەنەکـانی، سـکێڵی گەورە دادەنێـت، بـۆ نمـوونە حیبـر و کـاغەز نـۆتەی مـوزیکی پـێ دەنووسـرێت، یـان کـاریگەریی دادەنـێن لەسـەر زبرییەکـانی سـەر ڕووبەری گرامافۆن یان شێوەکانی لەرینەوە لە هەوادا و تا دوایی.

نموونەیەکی تری تەنی جیهانی سێیەم ئەم سەلمێندراوە ماتمـاتیکییەیە: "تاکە ژمـارەی سـەرەتایی (Prime) جـووت بـریتییە لە ژمـارە ٢." کەسـێک کەمێـک ماتماتیـک بزانێـت، ڕاسـتیی ئەم گـوتەیە پشتڕاسـت دەکـاتەوە و بە هەقیقـی دادەنێـت، چـونکە ئەگینـا ئۆبژەکـانی جیهـانی

یەکەم وەک ئەم کـاغەزی ئەم لاپەڕە و چـۆنێتیی جێگیربـوونی حیبـر لەسـەری بە شـێوەیەکی تـر دەبـوو. هەقیقەتـی تیـۆرییە زانسـتییەکان لەمەش دراماتیکیترە، بە هـۆی ڕاسـتی و هەقیقەتـی تێگەیشـتنی زانستیمان لە کرداری نیمچە گەیەنەرەکانە کە کۆمپیوتەرە بەند لەسەر مایکرۆچیپەکـان دروسـت کـراون. بە شـێوەی تـراژیکیش، بە هـۆی ڕاستیی تیۆرییە زانسـتییەکانی فیزیـای نـاوکییەوە بـوو کە لە ئەنجامدا بۆمبی ناوکی پەرەی پێ درا.

خوێنەری ئەم کتێبە لەوانەیە لە یەکێک لە لایەنە گرنگەکانی تەنەکانی جیهـانی سـێیەم گەیشـتبێت، هەقیقیبوونیـان لە ڕێـگەی بینینـی مرۆڤـی هۆشـیارەوە واتـای دەبێـت. پـارچەی موزیـک یـان سـەلمێندراوی ماتماتیکی لە ئەنجامی دۆخی زیهنیی مرۆڤەوە (واتە شتەکانی جیهانی دووەم) دروسـت دەبێـت، کە ئەوان بـۆ خۆیـان کـاریگەری لەسـەر جیهـانی یەکەم دادەنـێن. بەبـێ هۆشـیاریی مـرۆڤ ئەم کارلێکـانە نامومکینە و هەقیقەتی جیهانی سێیەم دەرناکەوێت. بە سەرنجدان بەم خاڵە بوو **پۆپەر** و **ئیکلز** بە شـێوەیەک گشـتاندنیان بە ئـارگیومێنتەکەی خۆیان کرد، کە هەقیقیبوونی خودهۆشیاریی مرۆڤیش بگرێتەوە. تەنیا مرۆڤـی هۆشـیارە دەتوانێـت هەقیقەتـی جیهـانی سـێیەم تێبگـات. ئەم ڕووداوانە ڕاسـتین، چـونکە بوونیـان کـاریگەری لەسـەر شـتەکانی جیهـانی یەکەم دادەنێـت (لە ڕێـگەی هۆشـیاری و مێشـکی مـرۆڤەوە). هەر بـۆیە دەگەیـن بەو ئەنجـامەی کە هۆشـیاریی مـرۆڤ دەبێـت ڕاستەقینە و جیـاواز لە هەر شـتێکی فیزیـایی تەنـانەت خـودی مێشـک بێت.

ئەم ئایدیایانە لە بەشی سەرەکیی کتێبێکە کە **جان ئیکلز** نووسیویەتی پەرەی پـێ دراوە، ئەو کـرداری فیسـیۆلۆجیی مێشـک و چـۆنێتیی کـارلێکی زیهنـی هۆشـیار شـرۆڤە دەکـات، ئەو پێشـنیازی مۆدێلێـک دەکات کە زۆرتـر میکـانیکییە، کە لەودا سیناپاسـە کراوەکـان (Open Synapses) لە مێشکدا دەپەژرێنێت، کە ڕاستەوخۆ بە هـۆی زیهنـی

خودهۆشیارەوە دەکەوێتە ژێر کاریگەرییەوە. کارلێکی لەم جۆرە ئەنجامی پێویست بۆ جیابوونەوەی زیهن یان ڕۆح لە لەش و مێشکە: پێش ئەوەی ئەو ڕووداوانەی کە بە ڕاستی هەقیقین، لە جیهانی یەکەمدا ڕوو بدەن، دەبێت کارلێک لە نێوان بیرکردنەوەی زیهن و دۆخی فیزیایی مێشک دروست ببێت. هەندێک جار دەبێت گۆڕانکاری لە مێشکدا ڕوو بدات، کە بە هۆی فاکتەرە فیزیاییە ئاساییەکانەوە دروست نابێت، بەڵکو لە ئەنجامی جۆرێک کارلێکی لەسروشتبەدەری (Supernatural) دروست دەبن.

ئارگیومێنتەکانی سەرەوە گەردوونی نین و زۆر کەس (بە خۆشمەوە) بڕوایان وایە کە تێگەیشتنی سروشتیتر لە هۆشیاری ئێمکانی هەیە. بەڵام ئەگەر ئەم ئایدیایە بپەژرێنین، کە زیهنە هۆشیارەکانی ئێمە جیاوازن لە مێشک و لەگەڵیدا کارلێک دەکەن، بە خێرایی دەگەین بە شێکاری پرسی پێوان. تەنیا دەبێت پەسەندی بکەین، کە یاساکانی فیزیای کوانتەمی بەسەر هەموو گەردوونی فیزیاییدا فەرمانڕەوان و کاتێک زانیاری دەگات بە هۆشیاریی مرۆڤ، زنجیرەی پێوانەکان کۆتایی پێ دێت. ئەم کارلێکەی نێوان زیهن و مادە، کە بەپێی پێناسە ملکەچی یاساکانی فیزیا نییە، زنجیرەی پێوانەکان دەپچڕێنێت و سیستەمی کوانتەمی دەخاتە یەکێک لە دۆخەکانیەوە.

لە ڕادەی ئەو کاریگەرییەی کە ئەم دیدگایەی تیۆری کوانتەمی لەسەر تێڕوانینمان بۆ گەردوونی فیزیایی دایدەنێت، نابێت زیادەڕۆیی بکەین، لە ڕاستیدا بە سەرنجدان بەم دیدگایە بە هەقیقی زانینی هەر شتێک لە دەرەوەی زیهنی مرۆڤ نامومکین دەبێت. هەرچی کە دەیبینین، هاوتای پێوانی کوانتەمی هەندێک لە تایبەتمەندییە فیزیاییەکانە و بە ڕواڵەت کاتێک دەبێت بە هەقیقی کە بینینەکەی لە زیهنماندا تۆمار بکرێت: ئەگەر دۆخی تەنێکی فیزیایی تا پێش بینین ڕوون نەبێت، ئایا دەکرێت بگوترێت ئەو تەنە بوونی دەرەکیی هەیە؟ بە وتەی **هایزێنبێرگ** "هەقیقەتی عەینی (هەقیقەتی تەنەکانی دەرەوەی ئێمە) بە

هـۆی فیزیـای کـوانتەمییەوە دەسـڕێتەوە". **بێرتراند ڕەسڵ** لە سـاڵی ١٩٥٦ گوتـوویەتی: "لەوە دەچێت مادە بەرەبەرە سـووکتر و سـووکتر دەبێـتەوە و هیچـی لـێ نـامێنێتەوە جـگە لە سـێبەرێک، کە بەپێـی خووەکانمان بوونی بە پێویست هەست پێ دەکەین." هەڵبەت بوونی گەردوونـی دەرەکـی بەردەوام پرسـێکی فەلسـەفی بـووە، چـونکە مەعریفەی ئێمە بۆ گەردوونی دەرەکی (ئەگەر هەبێت) تەنیا لە ڕێگەی هەستەکانمانەوەیە، تەنیا ئەم مەعریفە هەستییانەیە دەکرێت لێی دڵنیا بین هەقیقییە. بۆ نموونە کاتێک دەڵێین مێزێک لە نزیکی ئێمەدایە، تەنیا شتێک لە ڕاستیدا دەیزانین بریتییە لەوەی کە زیهنی ئێمە لە ڕێگەی مێشک و هەستەکانیەوە هەندێک زانیاری بەدەست هێناوە کە لەگەڵ بوونی مێزدا گونجاوە. لەگەڵ ئەوەشدا پێش فیزیای کوانتەمی دەکرا لە ڕێـگەی مـۆدێلێکی سـادەوە، زانینەکانمـان بە شـێوەیەک وەسـف بکەیـن، کە بە ڕاسـتی مێزێـک لە ژوورەکەدا هەیە- واتـا گەردوونێکی فیزیایی دەرەکی بوونی هەیە. بەڵام تیۆری کوانتەمی کە بەندە لەسـەر هۆشـیاری، لەمە چـووەتە سـەرترەوە و دەڵێـت کە بـوونی جیهـانی دەرەکی، یان لانیکەم دۆخێکی تـایبەت لەو، دیاریکردنەکەی بە توندی بەندە لەسەر ئەوەی زیهنی هۆشیار چی دەبینێت.

گەیشـتووینەتە شـوێنێکی سـەرنجڕاکێش، لە سـەرەتای دەسـپێکردنی زانستی نوێ، چوار سەد بۆ پێنج سەد ساڵ لەوەوپێش، بیرکردنەوەی زانستی مرۆڤ و هۆشیارییەکەی پەرەی زیاتری سەندووە. زۆرتر و زۆرتـــر لە گەردوون بە دەربڕینـــی عەینیـــی میکـــانیکی شـــیاوی شـــرۆڤەکردنن و تەنـــانەت زیندەوەرناســـان و زانایـــانی بـــواری ڕەفتارناسـی توانیویـانە مـرۆڤ تـا ڕادەیەک بناسـن. ئێسـتا دەبینـین زانستی فیزیا کە پێشتر بە ناسراوترینی زانستە عەینییەکان هەژمار دەکرا، ڕۆحی مرۆڤ دەخاتە ناوەندی تێگەیشتنمان لەسەر گەردوون! لەگەڵ ئەوەشـــدا، پـــێش پەڕرانـــدنی ئەم شـــێوازە بیرکـــردنەوە شۆڕشـگێڕانەیە، گـرنگە هەنـدێک لە ئارگیومێنتەکـان بە دژی تیـۆری

پێوانی بەند لەسەر هۆشیاری تاقی بکەینەوە و شی دەکەینەوە بۆچی سەرەڕای پەسەندکردنی لە لایەن هەندێک کەسەوە، ژمارەیەکی زۆر لە فیزیاییەکان بڕوایان پێی نییە و ئەمە ڕێگەیەکی دروست بۆ چارەسەری پرسی پێوان نییە و لە ڕاستیدا ڕێگەی دروستی تێگەیشتن لە گەردوونی فیزیایی و پەیوەندیمان لەگەڵی نادات بە دەستەوە.

پرسی سەرەکی دەگەڕێتەوە بۆ بەربەرەکانێ لەگەڵ فەلسەفەیەکی بابەتی (Subjective Philosophy) وەک لە سەرەوە باسمان کرد لە خۆگونجاندنی (Self-Consistency) ئاشکرایەتی. ئەم گریمانە بنچینەییە دەربارەی ئەوەی زانیاریی بەدەستهاتوو لەسەر هەر شتێک لە دەرەوەی ئێمەدا لە ڕێگەی هەستەکانمانەوەیە، بەڵگەنەویستە (مەگەر ئەوەی ئێمە بوونی سەرووهەست یان وەحیی ئیلاهی بپەژرێنین). هەر بۆیە دەگەین بەو ئەنجامەی کە سەلماندنی بوونی جیهانی دەرەکی، نامومکینە. بە هەرحاڵ، ژمارەیەک ئارگیومێنتی زۆر گرنگ هەن، کە لەواندا لە دیدگایەکی بە تەواوەتی بابەتی (زیهنی)، جیهانی فیزیایی بوونی عەینی نییە و هۆشیاریی ئێمە تاکە هەقیقەتێکە کە ژیرانە دەردەکەوێت. لەوانەیە گرنگترینی ئەم قسانە یەکسانبوونی شرۆڤەی چاودێرە هۆشیارە جۆراجۆرەکانە لە عەینی دەرەکی. وای دابنێ چەند نەفەر لە کاتی شۆفێریدا بە ترافیک لایتێک نزیک ببنەوە، ئەگەر شۆفیرەکان سەبارەت بە گڵۆپ و ڕەنگەکەی هاوڕا نەبن، کارەساتێکی گەورەی بەریەککەوتنی ئۆتۆمبیل ڕوو دەدات. ڕاستییەکەی ئەوەیە هەموو ئەم شۆفیرانە هەستپێکردنی هەستی یەکسان ئەزموون دەکەن و هەموویان دەیگەڕێننەوە بۆ بوونی عەینیی گڵۆپە سوورەکە، بە شێوەیەک هەموویان لەگەڵ ئەو گڵۆپەدا دەوەستن و لەگەڵ سەوزبوونیدا ڕێ دەکەون. ئێستا دەکرێت بەم شێوەش ئارگیومێنت سازی بکەین، کە مێشک و هۆشیاریی شۆفیرەکان بە هاوشێوەیی دەگۆڕێت و گڵۆپی ترافیک لایت بوونێکی

عەینی نییە. بەڵام ئەم شیکارە لە بەرامبەر شیکاری سادەی گڵۆپەکە بە ڕاستی هەیە، شرۆڤەیەکی ئاڵۆز دەبێت. ئەنجامگیریی کۆتایی وەها فەلسەفەیەک، هەرچەندە لۆجیکی نییە، پەڕاندنی ئەم باوەڕەیە، کە زانیاریی وەرگیراو لە بوونەوەری هۆشیاریی تریش هەقیقی نییە، بەڵکو بەشێکە لە تێگەیشتنە هەستییەکانی خودی کەسەکە. هەر بۆیە تەنیا بیرکردنەوەی من (یان تۆ) هەقیقەتە و هەموو شتێکی تر خەیاڵییە. تەنیا من هەم، نە تەنیا ئۆتۆمبیل و ترافیک لایت، بەڵکو هەموو شۆفێرەکانی تر و زیهنیان وێنای خەیاڵی منن. بەم دیدگایە دەگوترێت خودگەرایی (Solipsism) و ڕوونە ئەمە خاڵێکی کۆتاییە بۆ قسەکردن لەسەر سروشت و هەر شتێکی تر. ئەگەر هەر شتێک ئەم کتێبە و تۆ کە دەیخوێنیتەوە تەنیا وێناکاریی خەیاڵی من بن، هیچ هۆیەک نەبوو بینووسم، لە لایەکی تر ئەگەر ئەم کتێبە و من وێناکاریی خەیاڵدانی تۆ بین، ئەوکات هیچ هۆیەک نییە بیخوێنیتەوە.

هەر بۆیە فەلسەفەی بابەتیی (زیهنی) پەتی نە تەنیا بە هۆی ناسازگاری دەبێت ڕەت بکرێتەوە، بەڵکو بەم هۆکارەش دەبێت فڕێ بدرێت، چونکە دەگات بە هەندێک ئەنجام کە هەرچەندەە ناکرێت پووچ بکرێنەوە, بەڵام ئاڵۆز و ناژیرانەن. سادەیی و ژیرانەبوون هەمیشە بەشێکی گرنگ لە هەر تیۆرییەکی زانستین، هەمیشە دەکرێت مۆدێلی زۆر ئاڵۆز بۆ شیکاری کۆمەڵێک لە ڕاستییەکان دابهێنرێت. بەڵام زانا نەک فەیلەسووف، هەمیشە سادەترینەکەیان کە لەگەڵ داتاکاندا دەگونجێت پەسەند دەکات، چونکە ئەمە لەگەڵ ئەزموونی ڕابردوودا تاقی کراوەتەوە. لە چیرۆکێکدا (بێگومان دروستکراو)، پیاوێک هەمیشە پێش نووستن خوێ لە ژوورەکەیدا بڵاو دەکاتەوە. هۆکاری ئەمەی دەگەڕاندەوە بۆ دوورخستنەوەی پڵنگەکان. کاتێک پێیان دەگوت لەم بەشەی جیهاندا پڵنگێک بوونی نییە، وەڵامی دەداوە ئەمە پیشان دەدات پڵنگەکان چەند هۆشیارن و خوێکەش چەند بە باشی کاری خۆی دەکات. یەکێک لە هەڵسەنگاندنە گرنگەکان بۆ هەر

تیـۆرییەکی زانسـتی، نابێت هـیچ پڵنگێکـی تێـدا بێـت- هـیچ گریمـانە بابەتێکی ناپێویست. کێشـەی تیۆرییە کوانتەمییەکـان پێوانەکانیەتی کە هەموویان هەڵگری جۆرێک لە پڵنگن و هـاوڕایی گشتی لەسـەر ئەوەی لە کام تیۆریدا ژمـارەی پڵنگەکـان زۆرتـرە و یـان کـام پڵنـگ لە هەمـوو ئەوانی تر ترسـناکترە، بـوونی نییە. ئامـانجی چەنـد پـارەگرافی پێشـوو پیشاندانی ئەو خاڵە بوو، کە تیۆری بەند لەسـەر ئەوەی تاکە هەقیقەت، هۆشـیاریی بـابەتیی (زیهنیـی) ئـێمەیە، هەڵگـری ترسـناکترین جـۆری پڵنگە، تەنانەت لە جۆرە مرۆڤخۆرەکەیەتی!

زۆر باشە، بە سادەیی دەکرێت ئایدیای هۆشیاری وەک تاکە هەقیقەت بدرێتە بەر ڕەخنە، بەڵام ئایا ئەمە هەمـان شـتە کە تیۆرییەکی پێوانی بەند لەسـەر هۆشیاری پێمـان دەڵێت؟ لەوانەیە زیهن ڕۆڵێکی گرنـگ و بڕیاردەر لە پرۆسەی پێواندا ببینێت، تەنانەت تا ئەو شوێنە هەڵبژاردن لە نێوان دوو دۆخی کوانتەمی تەنیا بە هـۆی تۆمارکردنی نیشـانەیەک لە زیهنـدا دیـاری بکرێـت، بەڵام پێویسـت ناکـات گومـان لە بـوونی سیســـتەمە فیزیـــاییەکەدا بکەیـــن. تەنـــانەت ئەگەر هەمـــوو تایبەتمەنـدییەکانی سیسـتەمە فیزیـاییەکە بە سروشـت کـوانتەمی بـن (واتە بڕەکانیـان تەنیـا کاتێـک بەدەسـت دێـن کە بە هـۆی چـاودێریی هۆشـیارەوە ببینـرێن)، ئەنجـامی مـومکینی ئەم بینینـانە بە تەواوەتـی لە دەورەوەی کۆنترۆڵی چاودێر دەبن. ترافیک لایت تەنیـا سـور و سـەوز و زەردە، کەس ناتوانێت تەنیـا بە تەماشـاکردن ڕەنگەکەی بگۆڕێت بە شـــین یـــان بنەوەشـــەیی. فۆتۆنێـــک کە لە جەمســـەرگری HVوە دەردەچێـــت، بە هـــۆی هەر چـــاودێرییەکەوە ببینرێـــت، بە شـــێوەی ســـتوونی یـــان ئاســـۆیی جەمســـەرگیراوە: کەس ناتوانێـــت جەمسـەرگیرییەکەی بکـات بە ٤٥° یـان ژمـارەی ئەو فۆتۆنۆنـانەی لە ئـامێرەکەوە دەردەچـن دوو بەرامـبەر بکـاتەوە. ئایـا ناکرێـت ئایـدیای هۆشیاری لە کۆتایی زنجیرەکەدا بێ ئەوەی بچین بۆ شوێنێکی تر، بۆ

نموونە دەربڕینی ئەوەی ئەزموونی بابەتی (زیهنی) (Subjective Experience) تاکە هەقیقەتە بپارێزین؟

کێشەی وەڵامی ئەرێنی بەم پرسیارە بریتییە لەوەی کە دەبێت لە نێوان شتێک، بۆ نموونە فۆتۆنێک، ئامێرێکی پێوان و یان چەمکی جیهانی یەکەم و تایبەتمەندییەکانی جیاوازی بکەین. ئەگەر سروشتی هەموو تایبەتمەندییەکانی تەنێک وەک بارستایی، شوێن و وزە و تا دوایی کوانتەمی بن و پێش پێوان هیچ برێکیان نەبێت، قورسە واتای بوونی شتی جیاواز بدەین بەمانە. جگە لەوە، تیۆری پێوانی بەند لەسەر هۆشیاری، دەگات بە هەندێک ئەنجام کە ژیرانە نییە و هاوتایی لەگەڵ ئەو پڵنگەکان لە دڕەندیی و گەورەییدا، کە پیشتر باسمان دەکرد، دەکات. تیۆری پێوانی کوانتەمی بەند لەسەر هۆشیاری بە کورتی دەڵێت، هەڵبژاردنی دۆخە مومکینەکانی سیستەمێکی کوانتەمی و ئامێرەکانی پێوانی، تا کاتێک زانیاری نەگەیشتووەتە زیهنێکی چاودێری هۆشیار ئەنجام نادرێت: پشیلە تا کەسێک تەماشای ناو قوتووەکەی نەکردووە نە زیندووە نە مردوو؟ جۆرە جیاوازە بایۆلۆژییەکانیش پەرەیان سەندووە و پەرەیان نەسەندووە، تا ئەو کاتەی بە هۆی کەسێکی هۆشیارەوە دەبینرێن. هەر بۆیە دەکرێت بڵێین کە بوون یان نەبوونی جۆرێکی تایبەتی بایۆلۆژیکی و بەبەردبووە هەزاران ساڵەکەی لە ئێستادا، بۆ یەکەم جار لە لایەن مرۆڤی هۆشیارەوە کە لە هەسارەکەی ئێمەدا دەرکەوت و بینینی دیاریکراوە. بڕواکردن بە وەها تێڕوانینێک قورسترە لەوەی بڕوا بکەین هەموو شتێک زیهنییە.

ئەم جۆرە ڕەخنانە هەندێک لە بیریارەکانی گەیاندووە بەو ئەنجامەی کە هۆشیاری تەنیا هیی مرۆڤ نییە، بەڵکو گیانەوەران (بەتایبەتی پشیلەکان) و تەنانەت شتی بێڕۆحیش کەم تا زۆر هۆشیارییان هەیە. هەندێکی تر پێشنیازیان کردووە کە جیهان نە تەنیا لە لایەن ئێمەوە، بەڵکو لەل ایەن هۆشیارییەکی ئەبەدییەوە کە دەکرێت پێی بگوترێت

خودا، چاودێری دەکرێت. ئەم ئایدیایە کە خودا لە بوونی بەردەوامیی ئەو شتانەی مرۆڤ نایبینێت ڕۆڵی هەیە، زۆر کۆنە و پارچە شێعرێکی سەدەی نۆزدە ئاوا دەڵێت:

جارێک پیاوێک هەبوو کە دەیگوت 'خودا
دەبێت زۆر تووشی سەرسووڕمان بێت
کە دەبینێت کە ئەم درەختە
درێژە بە بوونی خۆی دەدات
کاتێک هیچ کەس لەم چواردیوارییەدا نییە'
وەڵامەکەی ئەمەیە:
کاکی بەڕێز،
سەرسووڕمانت سەیرە،
من هەمیشە لە دەوروبەری ئەم چواردیوارییەدام
هەر بۆیە ئەم درەختە
درێژە بە بوونی خۆی دەدات
چونکە خودای وەفاداری ئێوە چاودێری دەکات

ئایدیایەکی هاوشێوە بە شێوەیەکی عەوامانەتر لەسەر پرسەکانی پێوانی کوانتەمی لە لایەن نووسەرێکی سەدەی بیستدا نووسراوە: "ئەگەر بۆ من ڕوون ببێتەوە، کە خودی سروشت لە شوێنێکدا، کە بەپێی تیۆری کوانتەمی زیاتر لە یەک ئەنجام مومکینە، هەڵبژاردنی دیاریکراو ئەنجام دەدات، ئەوکات من کەسایەتییەک دەدەم بە سروشت، واتە بە شتێک کە هەمیشە لە هەموو شوێنێکدا هەیە. کەسایەتی هەمیشە ئامادەیی ئەبەدیی هەیە، کە دەتوانێت لەو شتانەی کە بە هۆی یاسای فیزیاییەوە پێشبینی نەکراوە، بڕیار بدات. ئەمە ڕێک ئەو شتەیە کە بە زمانی ئایینی پێی دەگوترێت خودا."
F. J. Belinfante *Measurements and Time Reversal in Objective Quantum Theory,* Pergamon, ١٩٧٥.

کێشـــەی ئەم تێـرِوانینە لێـرەدایە کە کــارێکی زۆر بـۆ چارەســـەری پرســەکە ئەنجـام نـادات, ئەگەر هەمـوو شـتێک هۆشـیارە، یـان ئەگەر هۆشـیاری خـودایە، ئەو دۆخەی سیسـتەمی کوانتەمی داگیـری دەکـات دیــاری دەکــات، هێشــتا ئەم پرســـیارە دەمێنیــتەوە لە کــام شــوێنی زنجیرەی پێوانەکان ئەم هەڵبژاردنە ئەنجام دەدات. لەوانەیە خـودا ئەو فۆتـۆنەی کە لە ئـامێری شیکەرەوەوە تێپەڕ دەبێت لانیکەم تـا کاتێک دۆخـی هەسـتەوەرەکە نەگۆڕاوە، تەماشـا ناکـات. بۆچی نـا؟ هەروەهـا ئەگەر نـا، بـۆچی تـا گەیشـتنی زانیـاری بە هۆشـیاریی مـرۆڤ نەبێت. ئێمە بە سـادەیی گەڕاینەوە بۆ خاڵی سـەرەتا، نـازانین زنجیرەی پێوان لە کوێـدا کۆتــایی پــێ دێــت و بــۆچی. بە ســـەرنجدانی دووبــارە بە ئایدیاکەی **بلینفەنت**، هەڵبژاردنی خـودا یـان سروشـت زۆر جیـاواز لە یەکتر نین و ڕەزامەندیی زۆریشی لێ ناکەوێتەوە.
هەڵـبەت ئەم باســە پەیوەنـدیی بە بـوونی خـوداوە نیـیە، بەڵکـو تەنیـا پێشــانی دەدات لە چارەســەری پرســی پێـوانی کـوانتەمی یارمەتیـدەر نییە. هەروەها هەرچەنـدەە بینیمـان کە تیـۆرییەکی پێوانی بەند لەسـەر هۆشــیاری دەگــات بە هەنـدێک ئەنجــام، کە نــاژیرانەیە، بەڵام بـوونی هۆشیاری یان ڕۆحمان پووچ نەکردووەتەوە. لە ڕاستیدا زۆر کەس لە ناویاندا زانا و فەیلەسووف بەبێ گرنگیدان بە تیۆری کوانتەمی، هێشتا بڕوایــان بە خــودا و ڕۆح هەیە و زۆر لە ئارگیومێنتەکــانی **پــۆپەر** سەبارەت بە بوونی شـتەکانی جیهـانی سـێیەم و زیهن بە سـەرنجدان بەو بابەتـانەی تــا ئێـرە باسـمان کـردن بە تەواوەتــی دەسـتلێنەدراو ماوەتەوە. سەرەڕای ئەوە، هەرچەنـدە ڕاستەوخۆ پەیوەنـدیی بە پرسـی پێوانی کوانتەمییەوە نییە، بەڵام لێرەدا کورتەیەک لە هەنـدێک چەمکی نوێ سـەبارەت بە هۆشـیاری و مێشـک یـان ڕۆح کە لەئـارادایە، بـاس دەکەین.

به سەرەتا وای دابنێین ئارگیومێنتەکانی **پۆپەر**، کە پێشتر لەم بەشەدا بە کورتی باسمان کردن، بۆ هەقیقەتی تەنەکانی جیهانی سێیەم و هۆشیاری، لەوانەیە دروست و دڵنیاکەر بێت. ئەگەر شتی هەقیقی شتێکە کە گۆڕان لەسەر شتی گەورەی مادی دروست دەکات، ئەوکات شتەکانی جیهانی سێیەم و هۆشیاری بە ڕاستی هەقیقی دەبن و کاریگەرییەکانی خۆیان لە ڕێگەی دۆخەکانی جیهانی دووەمەوە بۆ مێشک دەگوازنەوە. لێرەدا کاتێک **پۆپەر** و هاوکارەکانی، بەتایبەتی جان **ئێکلز**، جیاوازبوونی هۆشیاری لە مێشک یان سێبەر لە ناو مەشین (A Ghost in the Machine) پێشنیاز دەکەن زۆر کەس لێی دوور دەکەونەوە. تێڕوانینی نوێ بۆ پەیوەندیی نێوان هۆشیاری و مێشک، دەکرێت بەراورد بکرێت بە پەیوەندیی نێوان کۆمپیوتەرێک و بەرنامەیەکی کۆمپیوتەری. کۆمپیوتەر ڕێکخستنێکی ئاڵۆزە لە سویچە ئەلکترۆنییەکان بەبێ ئەوەی شێواز یان ئامانجێکی هەبێت، تەنیا کاتێک پرۆگرام بکرێت، واتە کاتێک سویچەکان بە ڕێکخستنێکی تایبەت بەکار دەهێنرێن، کۆمپیوتەر لە ڕێگەیەکی سوودمەنددا دەکەوێتە کار. بە هەرحاڵ، هەرچەندە پرۆگرامی کۆمپیوتەری شتی جیهانی سێیەمە، بەڵام بەبێ کۆمپیوتەر بوونی نییە لە خۆیدا سەربەخۆ لەو نییە، بە هەمان شێوە، هەرچەندە زیهن وەک بەرنامەیەکی کۆمپیوتەری هەقیقییە، ئەویش جیا نییە لە مێشک. لە زمانی کۆمپیوتەریدا پرۆگرام (هۆشیاری) بریتییە لە نەرمەئامێر (Software) لە کاتێکدا کۆمپیوتەر (مێشک) بریتییە لە ڕەقەئامێر (Hardware).

ئەم تێڕوانینە بۆ هۆشیاری پشتڕاست دەکرێتەوە، لە ڕێگەی توێژینەوە لەسەر زیرەکیی دەستکرد (Artificial iIntelligence)، کە لەودا توانای کۆمپیوتەرە بەرنامە بۆ دانراوەکان بۆ بیرکردنەوە تاقی دەکرێنەوە. هەندێک لە کۆمپیوتەرەکان دەتوانن تا ئاستێکی بەرز یاری شەترەنج بکەن. وەڵامی پرسیارەکان بە ڕواڵەت هۆشمەندانە بدەنەوە

و تەنانەت ئەگەر بە زانیاریی گونجاو تێر کرابێتن، توانای ئەوەیان هەیە ڕوخساری مرۆڤ بناسنەوە. لە لایەکی ترەوە، گومانی زۆر لەسەر ئەو ڕێگەی کۆمپیوتەر یاری شەترەنجی پێ دەکات هەیە. بۆ نموونە، زۆر لەو پرۆسە زیهنییانە دەچێت کە مرۆڤ پێشبڕکێکەی پێ دەکات، لە ئەمڕۆدا کۆمپیوتەرەکان ناتوانن لە یاریگەلێکی وەک یاریی Go (یارییەکی چینی)، کە باوەڕ وایە بیرکردنەوەی زۆر هۆشیارانەتری پێویستە لە مرۆڤی بەرنەوە. فیزیایی **ڕۆجێر پینرۆز**، پێی وایە زیهنی مرۆڤ دەتوانێت هەندێک ئەرک ئەنجام بدات کە مومکین نییە، لە پرەنسیپدا هیچ ماشێنێک کە بەپێی پرۆسە ئالگوریسمییەکانی هەژمارکردنی کۆمپیوتەری کار دەکات، ناتوانێت ئەنجامی بدات (بیرۆکەکانی **پینرۆز** لە زۆر لاوە هاوشێوە ئارگیومێنتەکانی **پۆپەر** بۆ هەقیقەتی جیهانی سێیەمە). ئەمە بە لای زۆر کەسەوە پەسەند نییە، بەڵام زۆربەی پسپۆڕان لەو باوەڕەدا هاوڕان، کە کۆمپیوتەرەکان هێشتا ڕێگەیەکی درێژیان لە پێشە بۆ ئەوەی بە تەواوەتی وەک مرۆڤی هۆشیار بتوانن شتەکانی جیهانی سێیەم بنرخێنن و سوود لەو تێگەیشتنە ببینین بۆ کاریگەریدانان لەسەر جیهانی یەکەم. تەنانەت ئەگەر کۆمپیوتەرێک دروست بکرێت و بە شێوەیەک بەرنامەی بۆ دابنرێت تا جیاوازی لەگەڵ زیهنی مرۆڤی هۆشیاردا نەبێت، هەندێک کەس پێیان وایە کۆمپیوتەری بەرنامە بۆ داڕێژراو وەک مرۆڤ خودهۆشیار(Self-Conscious) نییە. لەگەڵ ئەوەشدا لە ئێستادا هەلی تێگەیشتنی کۆتایی لە هۆشیاری بە ڕادەیەک جدییە، کە دەبێت گومان بکەین لە بونیادنانی تیۆری کوانتەمی یان فەلسەفە لەسەر بنچینەی ئەوەی هۆشیاری بوونێکی نافیزیایی و جیاوازە.

فیزیای کوانتەمی ڕیدیوسینزم/ وردکردنەوەگەرایی (Quantum Physics and Reductionism):

زانستی نوێ زۆربەی جار بە ڕیدیوسینز (وردبوونەوەگەرا) شرۆڤە دەکرێت، تەنیا هەندێک جار ئەمە پێداهەڵدانە! ئایدیای ڕیدیوسینزم بەم شێوە ڕوون دەکرێتەوە: من ڕستەیەک لە ناو کۆمپیوتەردا تایپ دەکەم، وشەکانی سەر شاشەکە، کە لە پیت دروست بوون، لە ناو کۆمپیوتەرەکەدا وەک کۆمەڵێک لە بیتی باینەری (Binary Bits) (٠ و ١) پاشەکەوت دەبن، بەم شێوە ڕستەکە ورد (Reduced) دەبێتەوە بۆ کۆمەڵێک سویچ کە دەکرێت on یان off بن. یەکێک لە ڤێرژەنەکانی وردکردنەوەگەرایی دەڵێت کە تاکە هەقیقەت بریتییە لە دۆخی فیزیایی ئەم سویچانە، ئەمە واتای ئەوەیە دەکرێت ڕستە ناهەقیقی بێت و دەلالەتەکانی گرنگ نین. تەنانەت دەکرێت ئەم ئایدیا بۆ بیرکردنەوەی ناو زیهنیش ببەین، ئەگەر ئێمە بیپەژرێنین کە ئەمانە بە هۆی دۆخەکانی سیناپاسەکانی مێشکەوە پیشان دەدرێن: تەنیا دۆخەکانن هەقیقین و بیرکردنەوەکانم و هەستەکانم گرنگ نین. ئەم ئەنجامی ئەم جۆرە لە وردکردنەوەگەراییە، کە بەرهەڵەستکاریی زۆر توندی لێ دەکەوێتەوە. وردەکردنەوەگەراکان زۆربەی جار تۆمەتبار دەکرێن بەوەی لە بایەخی هەستەکانی خەڵک، ئایدیاکان، باوەڕەکان، یاسا و ئەخلاق کەم دەکەنەوە. لە ڕاستیدا ئارگیومێنتەکانی **پۆپەر** سەبارەت بە هەقیقەتی شتەکانی جیهانی سێیەم کە لە سەرەوە باسمان کرد، بە توندی بە دژی ئەم فۆرمە لە وردکردنەوەگەرایی دەوەستێتەوە.

بە هەرحاڵ، فۆرمێکی تر لە وردکردنەوەگەرایی، لەوانەیە لاوازتر لەئارادا بێت. پرەنسیپە بنچینەییەکەی بریتییە لەوەی تێڕوانینمان بۆ جیهان دەبێت گونجاو بێت، بەو واتایەی نابێت سەبارەت بە ڕەفتاری سیستەمێکی فیزیایی بگەین بە پێشبینیی نەگونجاو. ئەگەر سەرنج بدەینە ئارگیومێنتەکانی کۆتایی کەرتی پێشوو، ئێمە دەکرێت بڕوامان

وا بێت شتەکانی جیهانی سێیەم گرنگیی بەرزیان هەیە و ئەوان دەرکەوتەی جیهانی یەکەمن. ئەمە وەک ئەوە وایە بڵێین، کە هەرچەندەە شتەکانی جیهانی سێیەم هەقیقی و گرنگن، کاتێک ئەوان لە شتەکانی جیهانی یەکەم بە کۆد دەکرێن هەمیشە بابەتی یاساکانی فیزیای ستاندەر دەبن. ئێمە دەکرێت تێبگەین نووسین لەسەر شاشەی کۆمپیوتەر واتایان هەیە و گرنگن، بە ڕادەیەک بڕوامان وایە کە بیتەکانی یادەوەری کۆمپیوتەر ملکەچی یاساکانی فیزیان. هەمان شتیش دەکرێت دەربارەی بیرکردنەوەمان و پیشاندانەکانی بە هۆی کاریگەرییان لەسەر سیاپاسەکەنی مێشکم ڕاست بێت. ئەگەر وەها نەبێت، بیتی یادەوەری یان سیناپاسەکان دەبێت ڕەفتاریان بە شێوەیەک بێت کە لەگەڵ یاسا ناسراوەکانی فیزیا یەک نەگرێتەوە. وەک ئەنجامگیرییەکەی **جان ئیکیلز** لە کتێبەکەیدا کە پێشتر باسمان کرد. هەڵبەت ئێمە لەوانەیە هەموو شتێک سەبارەت بە فیزیا نەزانین و یاساکانی لەوانەیە پێویست بکات چاک بکرێن یان پەرە پێ بدرێن. بە هەرحاڵ، ڕیدیوسینیست جەخت دەکات لەسەر ئەوەی ئەمە دەبێت بە شێوەیەک ڕوو بدات کە گونجاو بێت لەگەڵ ئەو ڕاستییەی کە بەشەکە (Component) بنچینەییەکانی سیستەمێک (بۆ نموونە ئەتۆمەکان لە گازێکدا) ملکەچی هەمان ئەو یاسایانە بن کە لە ماکرۆسکۆپیدا هەن.

لە کرداردا، تیۆرییە فیزیاییەکان زۆربەی کات بۆ ئەوە دادەهێنرێن تا شرۆڤەی ڕەفتار لە دۆخێکی تایبەتدا بکات. بۆ نموونە، یاساکانی میکانیکیی شلگازەکان شرۆڤەی تایبەتمەندیی شلگازەکان دەکەن و سوودمەندن (نەک هەمیشە سەرکەوتوو بن) بۆ پێشبینیی دیادە بە تەواوەتی ئاڵۆزەکانی وەک شێوازەکانی کەشوهەوا. بە تەواوەتی کارێکی نەکردەییە ئەگەر بمانەوێت ئەم پرسانە بە هەژمارکردنی جووڵەی هەر ئەتۆمێکی ناو شلگازەکە چارەسەر بکەین، هەرچەندە هێشتا بڕوامان وایە ملکەچی یاساکانی **نیوتن**ن و یاساکانی

ماکرۆسکۆپی داینامیکیی شلگاز بە شێوەیەک پەرە پێ دراون، کە نەگونجانی لەگەڵ شرۆڤەی مایکرۆسکۆپی نەبێت. ئەمە تایبەتمەندییەکی بەرچاوی جیهانی فیزیاییە کە ئاڵۆزکاوی دەکرێت لە سیستەمێکی فیزیاییدا دەربکەوێت تەنانەت ئەگەر هەندێک یاسای سادە فەرمانڕەوا بن لەسەر بەشەکە بنچینەییەکانی. بەو واتایەی ڕیدیوسینیسم لە ڕاستیدا دەبێت بە فۆڕمێک لە سانسۆر؛ ئەو پێمان دەڵێت شتێک ناکرێت لەبری شتێکی تر ڕوو بدات. بۆ نموونە، ئاڵۆزیی شێوازی کەشوهەوا، هیچ ئەتۆمێک ناتوانێت خێراتر لە ڕووناکی لە بەرگەهەوادا بجووڵێت! هەڵبەت مەگەر ئەوەی کۆمپیوتەرەکان بە شێوەی زیرەک و هۆشیار بەو ڕێگەی پێشتر باسمان کرد پەرە بستێنن، بابەتەکە بریتییە لەوەی باوەڕ بکەین هەمان پرەنسیپ بۆ پەیوەندیی نێوان مێشک و زیهن بەکار بهێنرێت. هەرچەندە ئەم فۆڕمەی وردکردنەوەگەرایی تیۆروانینێکی نەریتیی زانستییە، لەوانەیە بهێڵدرێتەوە تا ئەو کاتەی بە تاقیکردنەوە فەشەلی پێ دەهێنرێت. بە ڕاستی ئەگەر ڕووداوەکان ڕویان دا و ئەم ڕیدیوسیونیزمە لاوازە پێشێل کرا، لەوانەیە ئێمە وەک لە سروشت بەدەر یان سیحر شرۆڤەی بکەین.

گەنگەشەکان تا ئێستا لە چوارچێوەی کلاسیکی و فیزیایی دیاریکراوی (جەبەرگەرا) (Deterministic Physics)دا بوو، بەڵام ئەی سەبارەت بە کوانتەم دەکرێت چی بگوترێت؟ هەموو پرسی پێوان بەندە لەسەر ئەو ڕاستییەی کە ئەو یاسایانەی فەرمانڕەوان لەسەر تەنەکانی سکێڵی گەورە وەک جەمسەرگرەکان و هەستەوەرەکان، وا دایارە لەگەڵ ئەو یاسایانەی بۆ ڕەفتاری کوانتەمی شتە بنچینەییەکانی وەک فۆتۆنەکان بەکار دێت یەک ناگرێتەوە. پشیلەکەی **شرۆدینگێر** هەمیشە بە زیندوویی یان مردوویی دەبینرێت، هەرچەندە فیزیای کوانتەمی پێشبینی دەکات کە دەبێت لە سەریەککەوتنی ئەم دۆخانەدا بێت. بە دڵنیاییەوە وا دەردەکەوێت تەنانەت ئێمە پێشێلکردنی فۆڕمێکی

لاوازی ڕیدیۆسینزممان هەیە: ئەتۆمەکان ناو پشیلەکە دۆخەکەیان بە شێوەیەک دەگۆڕێت کە بە هۆی یاساکانی کوانتەمەوە، کە ئێمە چاوەڕوانی لێ دەکەین پێشبینی ناکرێت. هەوڵەکان بۆ چارەسەری پرسی پێوان بەدوورکەوتنەوە لە پێشێلکردنی ڕیدیوسیونیزم بووە. بۆر ئەمەی بە ڕەتکردنەوەی بوونی هەقیقەتی فیزیایی بۆ پرۆسە کوانتەمنییە نەبینراوەکان ئەنجام دەدات، بەپێی ئەمە هیچ ئاستێکی خوارتر بوونی نییە تا هەقیقەت بۆی دابەزێت. تیۆری پێوانی بەند لەسەر هۆشیاری دەڵێت کە پرەنسیپی وردکردنەوەگەرایی تەنیا کاتێک دەشکێت، کە زنجیرەی پێوانەکان بگات بە زیهنی هۆشیار. بەشی داهاتووی ئەم کتێبە باسی هەندێک هەوڵی تر بۆ چارەسەری پرسی پێوان بە مەبەستی ڕزگارکردنی پرەنسیپی ڕیدیوسیونیسمی لاواز دەکات.

ئێمە لەسەرەوە ئەمەمان گەڕاندەوە بۆ پێشلبوونی پرەنسیپی وردەکردنەوەگەرایی، یان بە واتایەکی تر لە سروشت بەدەر یان سیحر، نموونەیەکی ئەمە دەکرێت دیاردەی پارانۆرمال (Paranormal) لەسەر تێگەیشتی سەرووهەستەکان (-Extra Sensory Perception) (ESP) و شتی تری لەو بابەتە بێت. ئەگەر زانیاری لە زیهنێکەوە بۆ زیهنێکی تر بەبێ هیچ میکانیزمێکی فیزیایی بگوازرێتەوە، کە وا بێت سیناپاسەکان لە مێشکی وەرگردا دەبێت بە شێوەیەک بگۆڕێت کە لە چوارچێوەی یاسا ئاساییەکانی فیزیادا نییە. ئەگەر ئەم دیاردەیە هەقیقی بێت (ئەمە بابەتی گەنگەشەی زۆرە) ئەوان دەکرێت لەگەڵ ڕیدیوسیونیسم لاوازدا گونجاو بن تەنیا ئەگەر یاساکانی فیزیا چاک بکرێن و پێش بخرێن. هەندێک جار پێشنیاز دەکرێت کە ئایدیای فیزیای کوانتەمی دەشێت بۆ ئەم مەبەستە بەکار بهێنرێت. دەلالەتی ڕووخانی ڕیدیوسیونیزم لە چوارچێوە کوانتەمیدا لەوانەیە ئەوە پیشان بدات کە ئەم دیاردانە بهێنرێنە ناو زانستەوە. ئەم بەشە بە گەنگەشەیەکی کورت لەسەر ئەم

ئایدیا کۆتایی پێ دەهێنین: ئێمە لێرەدا بە دژ یان لە بەرژەوەندیی ئەم کاریگەرییە قسە ناکەین، بەڵکو هەوڵ دەدەین ئەو بابەتە ڕوون بکەینەوە ئایا فیزیای کوانتەمی دەتوانێت بە شێوەی ژیرانە پشتگیری ئەمانە بکات و پەسەندبوونیان پیشان بدات؟

بارودۆخێکی جۆریESP دەکرێت بریتی بێت لەوەی تاقیگەرێک پەیامگەلێک لەسەر شتێک هاوشێوەی دیزاینی سەر کاغەزێکی یاری بنێرێت بۆ کەسێک لە ژوورێکی تر بەبێ هیچ چەشنە پەیوەندییەک، دوای چەندبارەکردنەوەی ئەم کارە بە ژمارەیەکی زۆر کاغەزەوە، لە هەندێک باردا سەرکەوتنی زیاتر لەوەی تیۆری ئەگەرەکان پێشبینی دەکات، دەست دەکەوێت. ئەگەر لە دیدی تیۆری کوانتەمییەوە تەماشای ئەم بابەتە بکەین، لەوانەیە هەر لە سەرەتادا لە پەیوەندییەکەی لەگەڵ تاقیکردنەوەکانی EPR کە لە بەشی سێیەمدا باسمان کرد، سەرمان سووڕ بمێنێت. لەوێ بینیمان کە گرێدراوی نێوان جەمسەرگری فۆتۆنە جیاوازەکان هەندێک جار بە خێوەکی (Spooky) باس دەکرێت. لەوانەیە گیرۆدەیی (Entangled) لە نێوان زیهنی دوو تاقیگەردا هەبێت، لە شێوەی ئەو پەیوەندییە لە نێوان جەمسەرگیریی فۆتۆنە زۆر دوور لە یەکەکان هەیە. بە هەرحاڵ ئەم ئایدیایە، دوو هەڵەتێگەیشتنی لێ دەکەوێتەوە، سەرەتا، بەشێکی بنچینەیی تاقیکردنەوەکانی قسەلەسەرکراوی بەشی سێیەم لەسەر ئەو فۆتۆنە گرێدراونەیە کە لە یەک سەرچاوەوە هاتوون، پێشبینییە کوانتەمییەکان (پشتڕاستکراو بە هۆی تاقیکردنەوەی **ئاسپێکت**) تەنیا لەسەر فۆتۆنی لەو جۆرەن و هاوشێوەیی لە نێوان جووتفۆتۆن و تاقیکردنەوەی ESPدا لەئارادا نییە. تەنانەت ئەگەر خورافەیی بین و وای دابنێین کە زیهنی تاقیگەرەکان بە ڕێگەیەک لە ڕابردوودا گیرۆدە بووبێتن، هێشتا ناکرێت نیشانە بە ڕێگەی جووتیی گیرۆدە بنێردرێت (بڕوانە گەنگەشەکانی کۆتایی بەشی سێیەم). دەگەین بەو ئەنجامەی بە هیچ شێوەیەک ESP لە جەمسەرگری فۆتۆنەکان ناچێت، تەنانەت

ئەگەر واش بێت، هیچ ڕێگەیەک نییە بۆ ئەوەی فیزیای کوانتەمی هەلی پەیوەندیی زانیاری لەم بارودۆخەدا بدات.
ڕێگەیەکی تر کە لەودا وا دادەنرێت فیزیای کوانتەمی پەیوەندیی بە ESPوە هەیە، تیۆری پێوانی بەند لەسەر هۆشیارییە. ئەگەر فۆتۆنی ٤٥° بە زیهنی خودهۆشیار نەبینرابێت، دەکرێت لەسەریەککەوتنی هەرزوو جەمسەرگیریی v و hدا بێت و پشیلە تا کاتێک تەماشا نەکراوە دەکرێت هەم مردوو و هەم زیندوو بێت، کە وا بوو زیهن دەتوانێت کاریگەری لەسەر مادە دابنێت. ئایا ئەوکات دەکرێت شی بکەینەوە کە چۆن هەندێک زیهنی هۆشیار بەو توانایە تایبەتەی هەیانە دەتوانن تەنەکانی ناو ژوورێک بگوازنەوە و کەوچکەکان بچەمێننەوە و شتی تریش؟ لە ئاستێکی کەمتر سەرنجڕاکێش، ئایا مومکینە تێبگەین چۆن (وەک دەگوترێت) چاودێرێکی هۆشیار دەکرێت کاریگەری لەسەر کاتی هەڵوەشانەوەی ڕادیۆئاکتیڤ دابنێت؟ تاقیکردنەوەی زیاتر پیشانی داوە لەگەڵ سەرنجڕاکێشیی ڕواڵەتی ئەم دیاردانە ئەمانە نە لەگەڵ تیۆری کوانتەمەیدا گونجاون نە لەگەڵ فیزیای کلاسیکدا. چونکە ئەگەر تەنانەت زیهن دوایین ئامێری پێوان بێت، وەک ئامرازێکی پێوان کار دەکات. ئەمە ڕاستە کە لە فیزیای کوانتەمدا ئەو سیستەمەی دەبینرێت، دەکەوێتە ژێر کاریگەریی ئامێری پێوانەکەوە، بەڵام ئەم کاریگەرییە بە دڵنیاییەوە سنووردارە بە سروشتی ئەنجامە مومکینەکانی تاقیگەوە، شتێک کە لە بەشی چوارەمدا ناومان نابوو کردارەکانی ئاستی یەکەم (First-Level). هەر بۆیە ناتوانێت کاریگەری دابنێت لەسەر ئەنجامەکانی ئاستی دووەم (Second-Level) کە هەموویان بە وردی و دروستیی تەواوە بە هۆی تیۆری کوانتەمەوە دیاری دەکرێن و سەربەخۆیە لە مێتۆدەکەی بینین. زیهن چی بەرپرسی پێوانی کۆتایی بێت یان نەبێت، لە بارێکدا ژمارەیەکی زۆر فۆتۆنی ٤٥° لە ئامێری H/Vوە تێپەڕ ببێت،

یـان دەبێـت ٥٠% لە هەر کـام لە کەناڵەکـانەوە تێـپەڕ ببێـت یـان یاساکانی فیزیای کوانتەمی پێشێل دەبێت.
دەبێت جەخت بکەینەوە لەوەی کە هەوڵمان نەداوە قسە لەسەر بوون یـان نەبـوونی تێگەیشـتنی سەرووهەسـتی (Extra-Sensory Perception) و دیاردە پەیوەندیدارەکانی بکەین، تەنیا خاڵەکە ئەوە بوو بۆ پیشـاندانی ژیرانەبوون یان نـاژیرانەبوونی ناکرێت پەنا بۆ تیـۆری کـوانتەمی ببردرێت. تەنـانەت تیـۆری کـوانتەمی بەنـد لەسـەر هۆشـیاریش، ڕۆڵێکـی بە تەواوەتـی جیـاوازیش دەدات بە زیهـن و ئەگەر ئەم دیـاردانە بە ڕادەی تـاقیکردنەوەی **ئاسـپێکت** لەسـەر جـووتفۆتـۆن جـێگەی متمـانە و شـیاو بـۆ دووبـارەبوونەوە بـن، شکاندنێکی زیاتری پرەنسیپی وردکردنەوەگەرایی پێویست دەبێت، کە ئەمەش دەمانبـاتە دەرەوەی زانسـتی ئێسـتا بە هەردووی کلاسـیک و کوانتەمەوە.

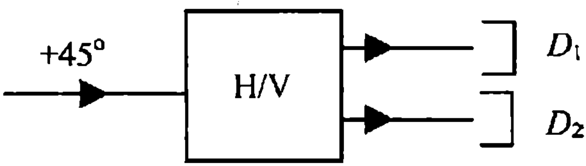
بەشی شەشەم
فرەجیهانی

لێکدانەوەیەکی بە تەواوەتی جیاوازی پرسی پێوان، کە ژمارەیەکی زۆر زانای پسپۆڕ، ئەگەر تەنیا بە هۆی جوانییە ماتماتیکییەکەشیەوە بێت بە لایانەوە سەرنجڕاکێشە، یەکەم جار لە لایەن **هوغ ئیڤرت**ەوە لە ساڵی ١٩٥٧ پێشکەش کراوە، کە زۆرتر ناسراوە بە لێکدانەوەی فرەجیهانی (Many Worlds) یان گەردوونی پەلاوی (Branching-Universe). ئەم دیدگایە ڕۆڵێکی تایبەت نادات بە زیهنی هۆشیار، لەم تێڕوانینەوە تیۆرییەکی بە تەواوەتی عەینییە (Objective)، بەڵام دەبینین زۆر لە ئەنجامەکانی وەک ئەو تیۆرییانەی لە بەشی پێشوو قسەمان لەسەری کرد شۆڕشگێڕانەن.

جەوهەری لێکدانەوەی فرەجیهانی دووبارە دەکرێت بە هۆی نموونەی فۆتۆنی جەمسەرگیراوی ٤٥° کە دەگات بە هەستەوەری H/V ڕوون بکرێتەوە. لە بیرتان بێت ئێمە لە بەشی دووەم و چوارەم گوتمان لە دیدگای شەپۆلییەوە ڕووناکییەکی جەمسەرگیراوی ٤٥° هاوتای سەریەککەوتنی شەپۆلێکی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی و شەپۆلێکی جەمسەرگیراوی ستوونییە. ئەگەر بکرێت بە تەواوەتی بەپێی شەپۆلەکان بیر بکەینەوە، کاریگەریی جەمسەرگری H/V لەسەر شەپۆلی جەمسەرگیراوی ٤٥° بە سادەیی بریتی دەبێت لە

دابەشکردنی شەپۆلەکە بۆ دوو بەشەک (Component). ئەوانیش بە ڕیز لە کەناڵەکانی H و Vوە تێپەڕ دەبن، نیوەی توندی شەپۆلی سەرچاوەیی لە هەر کامێکیانەوە هەستی پێ دەکرێت. بە هەرحاڵ، فۆتۆنەکان ناکرێت ببن بە دوو کەرتەوە، بەڵام دەکرێت وای دابنێین لە دۆخی سەریەککەوتندا دەمێنێتەوە تا ئەو کاتەی پێوانێک ئەنجام دەدرێت و سیستەمەکە دادەڕمێت بۆ ئەم یان ئەو پێشهاتی مومکین. تا ئێستا ئێمە گوتومانە کە داڕمان دەبێت لە زنجیرەی پێوانەکاندا لە شوێنێکدا ڕوو بدات- تەنانەت ئەگەر تەنیا کاتێک زانیاری بگات بە زیهنی هۆشیار. لێکدانەوەی فرەجیهانی میکانیکیی کوانتەمی تەنگەژە بۆ ئەم گریمانەیە دروست دەکات و دەپرسێت چ بەڵگەیەک بۆ ئەم داڕمانە هەیە. چونکە پرسی پێوانی گەنگەشەلەسەرکراو لە دوو بەشی پێشتر لە ئەنجامی داڕمانەوەیە، لەوانەیە ئەمە چارەسەر بکرێت ئەگەر پیشان بدرێت داڕمان ناپێویستە.

بۆ تێگەیشتن لەم تێڕوانینە، با بچینەوە بەسەر ئەو ئارگیومێنتانەی کە گەیاندمانی بە گریمانەبابەتی داڕمان لە شوێنی یەکەمدا. سەرەتا لە تاقیکردنەوەیەکی هاوشێوەی وێنەی ٦:١ هەر کام لە هەستەوەرەکانی D١ یان D٢ ئاماژە بەوەی فۆتۆنێکیان لێ دەکەوێت لەپڕ دەبریسکێنەوە. بە هەرحاڵ، ئارگیومێنتەکانی بەشی چوارەم پیشانی دەدەن ئەگەر ئێمە تاقیکردنەوەیەک ئەنجام بدەین، کە لەودا ئەنجامی دابەشبووی یەکێک لە جەمسەرگرەکان بە هۆی ئەوی تریانەوە بسڕێتەوە (وێنەی ٤:٢) ئەوکات فۆتۆنەکە دەبێت لە سەریەککەوتنێکدا بمێنێتەوە مەگەر ئەوەی هەستی پێ بکرێت (دەربخرێت).



وێـــنەی ٦:١: فۆتۆنێـک بە جەمســـەرگیریی ٤٥° لە جەمســـەرگرێکی H/Vوە تێپەڕ دەبێت و لە D١ وD٢ وە هەستی پێ دەکرێت.

ئێمە دەگەین بەو ئەنجامەی لە نەبوونی دارِماندا، هەستەوەرەکە یان پشیلەکەی **شرۆدینگێر** لە سەریەککەوتنێکدا دەمێنێتەوە، مەگەر ئەوەی هەستی پێ بکرێت. چونکە ئەم پرۆسە لەوە دەچێت بێکۆتایی بێت و هەروەهـــا بە تەواوەتـــی نـــاژیرانە دیـــارە و دژ بە هەمـــوو ئەزموونەکانمانە، ئێمە دەگەین بەو ئەنجامەی پێوستمان بە گریمانە بابەت بۆ دارِمـان هەیە و لە بەشـی پێنجەمدا ئەم ئیمکانەمـان تـاقی کردەوە، کە لە ئەنجامی هۆشیاریی مرۆڤەوەیە.

بەڵام بە ڕاستی چی دەبێت ئەگەر دارِمان هەرگیز ڕوو نەدات؟ ئێمە لە بەشـــی چوارەمـدا بینیمـــان کە هێمـــای هەســـتەوەرەکان دوو دۆخـــی مـــومکینی کۆتـــایی دەبێـــت، کە بەرامـــبەرن بە دۆخەکـــانی H/V و فۆتـۆنەکەوە. بە ڕێگەیەکـی هاوشـێوە هەر وەک چـۆن جەمسـەرگری H/V بوو بە هۆی ئەوەی کە فۆتۆنی ٤٥° بگۆڕێت بۆ سـەریەککەوتنی بوون لەم کەناڵ و ئەو کەناڵ، فۆتۆنی تێهاتووە بۆ نـاو ئامێری پێوان دەبێـت لە دۆخێکـی ســـەریەککەوتندا بێـت. بـۆ شـــرۆڤەی ئەم دۆخە سـەریەککەوتنە لە بـاری فۆتۆنـدا کـرداری جەمسـەرگرێکی پـێچەوانە لەبەرچـــاو دەگـــرین، بـــۆیە بـــۆ مەبەســـتی ڕوونکـــردنەوەی ئەوەی هەســـتەوەرەکە لە دۆخـــی ســـەریەککەوتندا بـــووە، پێویســـتە ئـێمە بە ڕێـــگەیەک کـــردارەکە پـــێچەوانە بکەیـــنەوە. بە هەرحـــاڵ، لە هەر بـــارودۆخێکی کردەکیـــدا ئەمە نـــامومکینە. پێچەوانەکـــردنەوەی

جەمســـەرگیریی فۆتـــۆن پێویســـتی بە تـــاقیکردنەوە بە وردی زۆر بەرزەوە هەیە و دوو شـــەپۆلەکە بە یەک دەگەنەوە. بە مەبەســـتی ئەنجامدانی کردارێکی هاوشێوە لەسەر هەستەوەر یان پشیلە، دەبێت دوو شـــەپۆلە کـــوانتەمییەکەی هەر کـــام لە تەنۆلکەکـــان بە وردی لە هەمان خاڵدا بگەنەوە بە یەکتر. ئەگەر ژمارەیەکی گەورە تەنۆلکە (تۆ بڵـــێ 10^{20}) لە یەک مـــادە هەبێـــت، چانســـی ڕوودانـــی ئەمە زۆر کەم دەبێت (لەوانەیە نزیکەی ١ لە $10^{10^{20}}$). بەبێ تاقیکردنەوەی پێچەوانە دوو بەشـــەکەی ســـەیەککەوتنی فۆتـــۆن، ناکرێـــت کـــاریگەری لەســـەر یەکتری دابنێن، هەر بۆیە ئەگەر پرۆسەی هاوتا بۆ هەستەوەرەکان لە کـــرداردا نـــاموم‌کین بێـــت، کە وا بـــوو بە کـــردەوە هەردوو بەشـــەکەی سەریەککەوتن ناکرێت هەرگیز کاریگەری لەسەر یەکتری دابنێن، هەر بۆیە بەڵگەیەکی ڕاستەوخۆ لە بەردەستدا نییە دارمـــان ڕووی دابێت. لەگەڵ ئەوەشـــدا، ئەگەر ئارگیومێنتەکـــان ڕاســـت بێـــت، ســـەریەککەوتن هێشتا هەقیقەتە.

چـــی ســـەبارەت بە ئارگیومێنتەکانی ســـەرەتای بەشـــی پێنجەم دەکرێت بگوترێـــت کە هۆشـــیاریی مـــرۆڤ تەنیـــا یەک پێشـــهات دەبینێـــت؟ ب ەدڵنیـــاییەوە وەک باســـمان کـــرد، دارمـــان ئەگەر لە هـــیچ شـــوێنێکی تـــر ڕووی نەدابێت دەبێت لێرەدا ڕوو بدات. بە هەرحـــاڵ، تەنیـــا وای دابنـــێ کە ئەمە ڕووی نەدابێـــت. کە وا بـــوو، ئەگەر مـــرۆڤە چـــاودێرەکەش ملکەچـــی یاســـاکانی فیزیـــای کـــوانتەمی بێـــت، ئەویـــش دەبێـــت لە دۆخـــی سەریەککەوتندا بێت. ئارگیومێنتەکان پیشان دەدات کە دوو نیوەی ئەم سەریەککەوتنە کـــاریگەری لەســـەر یەک دانـــانێن، واتـــای ئەوەیە کە دوو پـــارچەی چـــاودێرەکە لە دۆخـــی ســـەریەککەوتندا بـــۆ هەمیشـــە بەبـــێ ئاگـــایی لە بـــوونی یەکتـــری دەمێنـــنەوە. بە واتـــایەکی تـــر ئەگەر مـــرۆڤە چـــاودێرێکیش لە زنجیـــرەکەدا هەبێـــت ئەو دەبێـــت بە دوو بەشـــەوە: نیوەی ئەم سەریەککەوتنە بڕوای وایە کە فۆتۆن (تۆ بڵێ) لە کەنـــاڵی

Hوه تێپەڕیوە نەک لە کەناڵی V یەوە و نیوەکەی تر بڕواکەی بە پێچەوانەوەیە. دەکرێت تێبگەم کە تۆ دەڵێیت "بە ڕاستی گاڵتەجارە"، "ئەگەر ئامێری پێوان بەم شێوە دابەش ببێت و زیاد ببێت، بە دڵنیاییەوە کاتێک ئەمە ڕوو بدات، ئەگەر خەڵکی تریش تێنەگەن، من خۆم تێیدەگەم، کە ئەمە لەسەر من ڕووی داوە." ئەمە بە دڵنیایی دەگات بە خاڵێکی وەرچەرخان سەبارەت بە لێکدانەوەی فرەجیهانی: "کاتێک دابەشبوونی دۆخەکان بۆ تەنە ماکرۆسکۆپییەکان، وەک هەستەوەرەکان ڕوو دەدات دوو بەشەکە بە هیچ ڕێگەیەک ئاگەداری یەکتری نابن." بەم شێوە کاتێک فۆتۆنێکی ٤٥° لە جەمسەرگرێکی H/V دەبێت بە دوو کەرتەوە، لە نێوان دوو بەشەکەیدا هیچ کارلێکێک بوونی نابێت و ئەم ئەنجامی سەریەککەوتنە ڕاستە، تەنانەت کاتێک کەسێک دەبێت بە دوو بەشەوە. دوو کۆپییەکە یان دوو ئامێری پێوانەکە درێژە بە بوونی خۆیان دەدەن، بەڵام بە تەواوەتی بێئاگان لە یەکتری. لە ئەنجامدا چونکە هەر کام لە ئامێرەکانی پێوان لەگەڵ جیهانی دەوروبەری خۆیدا و لەو ڕێگەوە لەگەڵ هەموو گەردووندا کارلێک دەکات، لە ڕاستیدا هەموو بەشێکی چاودێری دابەشبوو، هەڵگری کۆپییەکی هەموو گەردوونە. هەر بۆیە چەمکی گەردوونە پەلاوییەکان (Branching Universe) بەو واتایە، کاتێک پێوانی کوانتەمی ئەنجام دەدرێت، ژمارەی پەلەکانی (Branches) گەردوون یەکسان دەبێت بە ژمارەی ئەنجامە مومکینەکانی پێوان. هەر کام لە چاودێرەکان لە پەلە تایبەتەکەی خۆیەوە وا دەزانێت ئەنجامی پێوان و گەردوونە تایبەتەکەی ئەو تەنیا شتێکە کە هەیە (هەڵبەت مەگەر ئەوەی ئەوان ئاگەداری لێکدانەوەی فرەجیهانی بۆ فیزیای کوانتەمی بن و بڕوایان پێی بێت). لە کرداردا پەلە جیاوازەکان هەرگیز ناگەن بە یەکتر.

ئێمە لەوانەیە وا بزانین دەکرێت هەڵسەنگاندن بۆ گریمانەی فرەجیهانی لە کرداردا بکەین، بە ئەنجامدانی تاقیکردنەوەیەک کە لەودا

کەسێک لە ئێمە دەکرێت ببێت بە دوو بەشەوە جارێکی تر یەک بگرێتەوە. کەسێک کە دەکەوێتە ژێر ئەم تاقیکردنەوەیەوە دەکرێت پێمان بڵێت لە دابەشبووندا هەستی چۆن بووە و دەکرێت وەبیری بێتەوە دۆخەکانی جەمسەرگیریی فۆتۆنە بینراوەکان چۆن بووە. کێشەی ئەم ئایدیایە دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی ئاوێتەبوونەوەی دوو نیوەکە مومکینە تەنیا ئەگەر هەموو زانیارییەکان لەسەر ئەو کەناڵەی لێوەی هاتوون بسڕێتەوە، بە ڕێگەی هاوشێوەی فۆتۆنە جەمسەرگیراوە هەست پێ نەکراوە ٤٥° کە بە هۆی کریستاڵی کالسیتی پێچەوانەوە دەبێتەوە بە خۆی. بە هاوشێوەی چاودێرێکی مرۆڤیش هەموو یادەوەریی لەسەر ئەنجامی تاقیکردنەوەکەی دەبێت بسڕێتەوە. بە ڕاستی بەگشتی پەژرێنراوە، کە دووبارە یەککگرتنەوە ڕوو ناداتەوە مەگەر ئەوەی چاودێر بچێتەوە هەمان دۆخی پێش تاقیکردنەوەکە و هەموو یادەوەریی دابەشبوونەکە دەبێت بسڕێتەوە. کارێکی تیۆری لەلایەن **پرۆفیسۆر دەیڤید دۆچ**وە پیشان دەدات لەوانەیە ئەمە ڕاست نەبێت و ئەگەر تاقیکردنەوەیەک لەو شێوە بکرێت ئەنجام بدرێت، چاودێرەکە دەتوانێت پێمان بڵێت هەستی لە کاتی دابەشبووندا چۆن بووە، بەڵام ئەنجامی تاقیکردنەوەکە ناتوانێت بڵێت چی بووە. ئەو هەروەها پێشنیازی کردووە کە ئەگەر کۆمپیوتەرێک بە ڕادەی پێویست زیرەک لە داهاتوودا دروست بکرێت، دەتوانێت ڕۆڵی چاودێر لە وەها پرۆسەیەکدا بگێڕێت. ئەگەر بە ڕاستی هۆشیاریی مرۆڤ جیاوازە لە کۆمپیوتەر، بۆ دابەشبوونی فرەجیهانی زۆر کێشە نابێت، دەکرێت بە شێوەی ئەزموونی بە بەراوردکردنی ئەزموونی کۆمپیوتەر و مرۆڤ لە وەها بارودۆخێکدا هەڵبسەنگێندرێت.

لەوانەیە گریمانەبابەتەکانی لێکدانەوەی فرەجیهانی تا ڕادەیەکی زۆر ڕادیکاڵ بن، بەڵام زۆر لە مەتەڵ و پارادۆکسەکانی پرسی پێوان چارەسەر دەکات. تیۆرییەکە، کە بۆ پشیلەکەی **شرۆدینگێر** بەکار

دەهات بهێنە پێشچاوی خۆت. لەبری ئەوەی نیگەرانی ئەوە بن پشیلە چۆن دەتوانێت هەم زیندوو بێت و هەم مردوو، دەڵێین دوو پشیلەمان هەیە کە هەر کامیان لە قوتووەکەی خۆی و لە جیهانەکەی خۆیدایە و یەکێکیان زیندووە و ئەوی تریان مردوو، هەر کام لە چاودێرەکان سەری قوتووەکەی خۆی لا دەبات و ئەنجامگیرییەکانی خۆی سەبارەت بە دۆخی پشیلەکە و ئەنجامی فۆتۆنەکە ئەنجام دەدات. یان لەبارەی هاوڕێیەکەی **ویگنە**رەوە (Wigner's Friend) بیر بکەرەوە. پێویست ناکات نیگەرانی ئەوە بین پێوان کاتێک ئەنجام دەدرێت کە هاوڕێیەکەی **ویگنەر** فۆتۆنەکە دەبینێت، یان کاتێک **ویگنەر** ئاگەداری ئەنجامەکە دەبێت: کاتێک فۆتۆن لە ئامێری پێوانەوە تێپەڕ دەبێت، فۆتۆن و **ویگنەر** و هاوڕێیەکەی و هەموو شتێکی تر دابەش دەبن. لە جیهانێکدا هاوڕێیەکەی **ویگنەر** فۆتۆنی جەمسەرگیراو بە ئاسۆیی دەبینێت و ئەم ئەنجامە بە **ویگنەر** دەڵێت، لە جیهانێکی تر فۆتۆنی جەمسەرگیراو ستوونییە و ئەنجامەکە دەگوازێتەوە.

ئەمەیە هۆی ئەوەی پاڵ پشتانی ئەم تیۆرییە بڕوایان وایە، سەرەڕای ڕەنگدانەوە زیادەڕەوانەکەی لە بوونناسیدا دەبێت بە جدی وەربگیردرێت. چارەسەری پرسی پێوان لەگەڵ ئەو ڕاستییەی کە گریمانەبابەتی داڕمان (Collapse) پێویست نییە، واتای ئەوەیە فرەجیهانی لە ڕاستیدا زۆر سادەترە لە تیۆرییەکانی ڕکەبەر. وردکردنەوەگەرایی (Reductionism)یش (کە لە کۆتایی بەشی پێنجەمدا قسەمان لەسەر کرد) پارێزراوە، چونکە تیۆرییەکە بۆ هەموو شتێک بەکار دەهێنرێت لە جەمسەرگیریی فۆتۆنەوە و بە ئامێرەکانی پێوان و چاودێرە هۆشیارەکان. فیزیایی **پاول داڤیس** ئەمەی شرۆڤە کردووە بە "هەرزانی لە گریمانە، بەڵام گرانی بۆ گەردوون".

پێش بڕیاردان بۆ هەژمارکردنی سوود و زیانەکان، با ئاماژە بە چەند ئەنجامێکی گریمانەی فرەجیهانی بکەین. ئێمە لەوانەیە لە ژمارەی گەردوونەکان تووشی سەرسووڕمان ببین، بە هۆی ئەوەی هەر

ڕووداوێکی کوانتەمی دوو یان زیاتر پێشهاتی هەیە و ژمارەیەکی زۆر پەلوپۆپ هەمیشە هەیە، ژمارەکە دەبێت زۆر گەورە بێت. بەراورد دەکرێت ژمارە $١٠^{٨٠}$ تەنۆلکەی سەرەتایی لەو بەشەی گەردوون کە شیاوی بینینە هەبێت. ئەگەر ئێمە وای دابنێین هەر کام لەمانە لە هەر چرکەیەکی $١٠^{١٠}$ ساڵەکەی دوای بیگبانگەوە لە ڕووداوێکی دابەشبوونی دووپەلی بەشدار بووبێتن، ژمارەی گەردوونە دروستبووەکان بە نزیکەیی دەبێت $١٠^{١٠^{١٢}}$ بێت؛ ژمارەیەکی لە ڕادەبەدەر گەورە! ئەمە بە دڵنیاییەوە خەملاندنی کەمترینە. هەموو ئەم گەردوونانە لە کوێن؟ وەڵامەکەی بریتییە لەوەی هەموویان لێرەن، لەو شوێنەی گەردوونەکەی ئێمەی لێیە. بەپێی پێناسە، گەردوونی سەر پەلە جیاوازەکان بە هیچ ڕێگەیەک ناتوانن کار بکەنە سەر یەکتری (مەگەر ئەوان بەو ڕێگە تایبەتەی پێشتر باس کرا لەگەڵ یەکتریدا تێکهەڵکێش ببن)، هەر بۆیە هیچ هۆکارێک نییە ئەوان هەمان فەزایان هەبێت.

ئەگەری بوونی گەردوونەکانی تر، کە هەندێکیان تەنیا کەمێک جیاوازن لەوەی ئێمە، دەکرێت تووشی خەیاڵکردنی زۆر سەرنجڕاکێشمان بکات. بەم شێوەیە دەکرێت ژمارەیەکی زۆر گەردوون هەبن کە هەڵگری هەسارەیەکی ڕێک هاوشێوەی زەوییەکەی خۆمان بن، بەڵام جۆرە تایبەتییەکی زیندەور نابێت هەبێت، چونکە ڕووداوە کوانتەمییەکان کە دەبن بە هۆی بازدان (Mutation) بۆ پەرەسەندنی جۆرەکان لە گەردوونی ئێمە (و زۆر شتی هاوشێوەی تر) لە گەردوونەکانی تردا ئەم ڕێچکەیە ناگرنە بەر. لەوانەیە گەردوونی تر هەبن کە لەوێ ژیان هاوشێوەی زەوی بێت، بەڵام مرۆڤ نەبێت، هەر بۆیە مەترسیی پیسبوونی ژینگە و کارەساتە ژینگەییەکان یان لەناوچوونی ناوکی لەئارادا نابێت. ئەگەر ئێمە وای دابنێین هەر هەڵبژاردنێکی نێوان پێشهاتە مومکینەکان بە شێوەی بنچینەیی ئەنجامێکی ڕووداوە کوانتەمییەکانە، کە وا بوو هەموو ئەم

ئەگەرانە دەبێت لە گەردوونەکەی ئێمەدا هەبێت. هەر هەڵبژاردنێک کە ئێمە لە ژیانماندا دەیکەین لەوانەیە پەیوەندیی بە ڕووداێکی کوانتەمیی ناو مێشکمانەوە هەبێت و ئەگەر هەیە دەبێت ئەو گەردوونانە هەبن بە جۆرەکـــانی تـــری کـــرداری ئـــێمەوە، کە ئەنجـــامی بیرکـــردنەوەی ئەلتەرنـــاتیڤن. هەنـــدێک لەو گەردوونـــانە دەکرێـــت شـــوێنی زۆر چێـــژبەخش بـــن، چـــونکە ڕووداوە کوانتەمییەکـــان بە شـــێوەیەکی دڵخۆشـکەر لەگەڵ بـردنەوەی تـیمە فووتبـۆڵە دڵخـوازەکەت لەە ەمـوو خـولێکی سـاڵانەدا یەک دەگـرێتەوە و کـۆمەڵ بە شـێوەیەک بونیـاد دەنرێت کە پارتە سیاسییە خۆشەویستەکەت لە هەمـوو هەڵبژاردنێک بیباتەوە. هەڵبەت لە لایەکـی تـرەوە دژەکەشـی ڕوو دەدات و لە زۆر ئەگەردا ڕەفتاری نائەقڵانیی سیاسـی لە ئەنجامـدا لە جەنگێکی ناوکیدا ڕەگەزی مـرۆڤ خاشـەبڕ دەکـات یـان کارەسـاتە ژینگەییەکـان دەبێت ڕوو بدەن.

سـەرەڕای هەمـوو ئەو شـتانەی باسـمان کـرد، جێگەی سەرسـووڕمان دەبێـت ئەگەر ژمـارەیەکی زۆر خـوێنەر بـڕوا بە تیـۆری فرەجیهـانی بهێـنن. لە زۆربەی بـــاس لەســـەر گەردوونەکـــان لە ســـەرەتای ئەم بەشـــەوە تـــۆ دەبێـــت لە گشـــت ئایـدیاکە بە گومـــان بووبێتیـت! دانـانی بـــوونی ژمـــارەیەکی زۆر گەردوون بـــۆ چارەســـەری خـــاڵە وردە تیۆرییەکان تووشی کێشەمان دەکات؛ ئێمە گوتمـان گەردوونەکـانی تـر لەگەڵ ئێمەدا کارلێک ناکەن، مەگەر بە ڕێگەیەکی زۆر تایبەتی کە هیچ زانیارییەک نەگوازرێتەوە. لەم بارەدا قسەکەمان چ واتایەک دەگەیێنێت؟ لە تـوێژینەوە سـەرەکییەکەیدا لەسـەر لێکدانەوەی فرەجیهـانی، **ئێڤێرت** ئەم تەنگەژەیە بەراورد دەکات بە ڕەخنەگرتنەکانی جیهـانی سـەدەکانی ناوەڕاســـت لەســـەر پێشـــنیازەکەی **کۆپەرنیکـــۆس** ســـەبارەت بە سـووڕانەوەی زەوی بە دەوری خـۆردا. بە هاوشـێوەی خەڵـک بەپێـی بڕوابوون بەوەی زەوی ناوەندی گەردوونە پێشداوەرییان دەکرد، ئەو دەڵێت ئێمە ئایدیای گەردوونی پەلاوی (Branching-Universe) بە

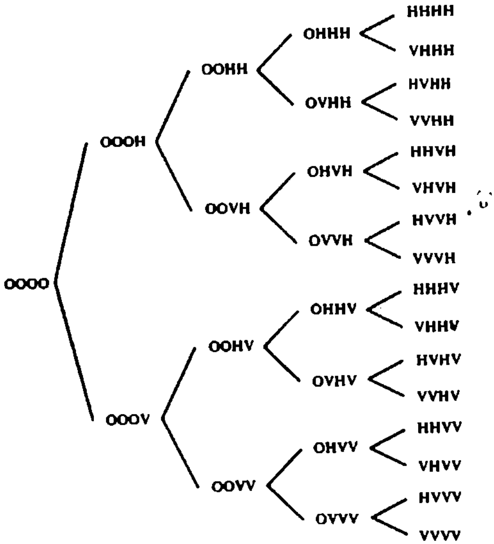
سادەیی پەسەند ناکەین، چونکە ئێمە لەسەر ئەو ئایدیایەی کە لە پێشدا پەژرێندراون، بار هاتووین، کە یەک گەردوون هەیە. ئەو دەڵێت لە هەردوو بارەکەدا پەسەندکردنی گریمانەبابەتی توندڕەوانە ئەو هەلەمان بۆ دەڕەخسێنێت ئەو ئەنجامە تاقیگەییانە گرنگی پێ بدەین، کە پێشتر بە لامانەوە نالۆجیکی و تێکەڵوپێکەڵ بوون. لەگەڵ ئەوەشدا زۆرترینی زاناکان هاوڕا نەبوون کە دوو حاڵەتەکە هاوڕێکی یەکن و لەخۆگرتنی دەستپێوەگرتنی بوونناسی (Ontological Extravagance) گریمانەبابەتی سەرچاوەییەکە لەباری فرەجیهانیدا زۆر زیاترە و سەرکەوتنی لە باشترکردنی تێگەیشتنمان زۆر کەمترە. هاوڕا لەگەڵ وشەکانی **پاول داڤیس**، زۆرتری خەڵک بڕوایان وایە کە لەکیسچوونەکان لە زیادەڕەوی لە گەردوونەکاندا هەیەتی بەسەر دەستگرتن بە گریمانەبابەتەوە.

لە سەروو پرسیارەکەی زیادەڕەویی بوونناسیدا، هۆکاری تر بۆ ڕەخنەگرتن لەسەر لێکدانەوەی فرەجیهانی هەیە، بەتایبەتی پرسی پیناسەی ئەگەرەکان لە چوارچێوەیەک کە لەبری ڕوودانی ئەلتەرناتیڤەکان هەر شتێک مومکینە ڕوو بدات. بۆ لێکۆڵینەوە لەم خاڵە لە نزیکترەوە چوار کۆمەڵە ئامرازی جیاواز لە یەکتر (بە هەستەوەریشەوە) بۆ پێوانی جەمسەرگیریی H/V لەبەرچاو بگرە. فۆتۆنەکە لە یەکێک لە کۆمەڵە ئامرازەکانەوە تێدەپەڕێنین و بە شێوەی ئاسایی وای دادەنێین کە هەر فۆتۆنێک پێش پێوان جەمسەرگیرییەکەی ٤٥° بێت. وای دابنێ مۆدێلی فرەجیهانی لەسەر ئەنجامی ئەم کردارانە قسە بکات. لە سەرەتادا تەنیا یەک گەردوون هەیە کە لەودا هیچ کام لە چوار هەستەوەرەکە فۆتۆنیان تۆمار نەکردووە، ئەمە بە سیمبۆلی OOOO لە لای چەپی وێنەی ٦:٢ پیشان دەدرێت. ئێستا وای دابنێ یەکێک لە فۆتۆنەکان لە یەکێک لە جەمسەرگرەکانەوە تێپەڕ ببێت، کاریگەریی ئەمە بریتی دەبێت لە دابەشکردنی گەردوون بە دوو، کە لە یەکێکیاندا هەستەوەرەکان لە

دۆخـی OOOHدا دەبێت و لەوی تریانـدا دەچێتە دۆخـی OOOV.
درێـژە بە تێپەڕانـدنی فۆتۆنەکـان یەک لە دوای یەک دەدەیـن تـا هەر چواریـان بپێـورێن. بە هەمـان شـێوە کە لە لای ڕاسـتی وێـنەی ٦:٢ پیشان دراوە. بەگشتی ١٦ گەردوونمان دەبێت کە پیشباندەری هەموو جێگـۆڕکێ مومکینەکـانی V و Hن. ئێسـتا ئەگەر بمانەوێـت تـاقی بکەینەوە بۆ ئەوەی بزانین کە فۆتۆنەکانی H و V چەند جار لە هەر کام لە گەردوونەکاندا تۆمار کراون دەبینین کە لە شـەش گەردووندا ٢H و ٢V تۆمار کراون، چوار گەردوون ٣V+١H، چوار گەردوونـی تـــر ١V+٣H و تەنیـــا لە یەک گەردوون ٠V+٤H یـــان ٤V+٠H دەبینرێـت. شـیکارێکی سـتاندەری ئەم تـاقیکردنەوەیە وەک لە بەشـی دووەمــدا شــی کــرایەوە، پێشــبینی دەکـات کە فۆتـۆنێکی ٤٥° کە لە جەمسەرگری HVوە تێپەڕ دەبێت، ئەگەری دەرکەوتنی لە هەر کام لە کەناڵەکــانەوە ٥٠%ە و ئەمە پشتڕاسـتی زۆریـنەی گەردوونەکـانی نموونەکەی ئێمە دەکاتەوە. ئەگەر تەنیا چوار فۆتۆن هەبێت، ژمـارەی ئەو فۆتۆنانەی لە ڕەفتاری ئایدیاڵی ٥٠-٥٠ لا دەدەن زۆرە، هەر بۆیە چـاودێر نابێـت سـەری سـووڕ بمێنێـت ٣:١ یـان ٤:٠ ببینێـت. ئەگەر ژمــارەی فۆتۆنەکــان و ئامڕازەکــان زیــاد ببێـت بڵاوبـوونەوەکە بە دابەشکردنی ئایدیاڵیی ٥٠-٥٠ نزیک و نزیکتر دەبێتەوە و مۆدێلەکەی گەردوونی پەلاویش دروست دەبێت. بۆ نمـوونە، تـۆڕێکی وەک ئەوەی لە وێنەی ٦:٢دا پیشان دراوە، بە دە فۆتـۆن و دە جەمسـەرگر و ١٠٢٤ گەردوون بەرهەم دەهێنێــــت، ٦٢٢ دانەیــــان بە نزیکەیــــی ١٠% بڵاوبوونەوەی ئایدیاڵیی ٥٠-٥٠یان هەیە، لە کاتێکدا دۆخەکانی ١٠H و ١٠V هەر کامیـان یەک گەردوونیـان هەیە. بـۆ سـەدان و هەزاران فۆتۆن جیاوازیی لەگەڵ بڵاوبوونەوەی پێشبینیکراو زۆر کەمە.

کە وا بـوو لە یەکەم تێڕوانینـدا تیـۆری فرەجیهـانی لەوە دەچێـت بە تەواوەتـی لەگەڵ ئەو چـاوەڕوانییەی دەربـارەی ئیمکـانە جیاوازەکـانی پێوانی پێشهاتەکان هەمانە یەک بگرێتەوە. بە هەرحاڵ، تاکە هۆکـار بۆ

ئەمە بە سادەیی بریتییە لەوەی ئێمە بارێکی تایبەتیمان لەبەرچاو گرتووە کە لەودا پێشبینییە مومکینەکان بۆ پێشهاتەکان (H یان V) لەگەڵ یەکتریدا یەکسانن. نموونەیەکی زۆر گشتیتر لەبەرچاو بگرە: پێوانی جەمسەرگیریی V/ H بۆ فۆتۆنێک کە جەمسەرگیریی سەرەتایی ٣٠٠ بەگوێرەی ئاسۆ هەیە. لە گەنگەشەکانی بەشی چوارەمەوە دەگەین بەو ئەنجامەی ئەگەرە پێشبینییەکان بۆ بەدەستهێنانی H یان V لە پێوانێکدا بە ڕیز ئێستا بریتی دەبێت لە ٧٥% و ٢٥%. بە هەرحاڵ، ئەگەر ئێمە جارێکی تر ئارگیومێنتەکەی سەرەوە و وێنەی فرەجیهانیی شرۆڤەکراو لە وێنەی ٦:٢ تاقی بکەیەنەوە، دەبینین کە گۆڕینی دۆخی سەرەتایی فۆتۆنەکان هیچ کاریگەرییەکی لەسەر ئەمانە نابێت. ژمارەی گەردوونەکان بە شێوازێکی تایبەتی جەمسەرگیرییەوە تەنیا بە ژمارەی ئەنجامە مومکینەکانی پێوانەکە دیاری دەکرێت. بۆیە تەنانەت لە باری ٣٠٠دا دوای ئەوەی ژمارەیەکی گەورە لە پێوان ئەنجام درا، زۆرینەیەکی بەربڵاو لەوان ژمارەی پێشهاتی یەکسانی H و V یان هەیە. هەر لەو کاتەوەی مۆدیلی فرەجیهانی پێشکەش کرا، تەنگەژەی سەرەکی بۆ پشتیوانەکانی بریتی بوو لە گونجاندنی پێشبینییەکان لەگەڵ ئەگەرە هەژمارکراوەکانی فیزیای کوانتەمی و پشتڕاستکردنەوەی بە تاقیکردنەوە بوو.



وێنەی ٦:٢: لە دیدگای لێکدانەوەی فرەجیهانییەوە، چوار پێوانی H/V بۆ جەمسەرگیریی فۆتۆنە ٤٥°ەکان لەبەرچاو گیراوە. سەرەتا هەر چوار ئامرازەکە لە دۆخی سەرەتایی Oدان. لە دوای پێوانی یەکەم گەردوون دابەش دەبێت بۆ دوو پەل: لە یەکێک لە پەلەکاندا فۆتۆن و ئامرازی پێوانەکە لە دۆخی Hدان و لە پەلەکەی تردا دەچنە دۆخی Vوە. دابەشبوونی زیاتر لە پێوانەکانی دواتردا ڕوو دەدات و کاتێک پرۆسەکە تەواو بوو، بە نزیکەیی لە هەموو گەردوونەکاندا ئەنجامەکان بە یەکسانی H و V لەخۆ دەگرن.

بە هۆی قورسیی پێناسەکردن لە شوێنی یەکەمدا دەکرێت گەنگەشە لەسەر ئەگەر بە تەواوەتی تووشی شکست ببێت. بۆ نموونە، کاتێک پارەیەکی ئاسان هەڵدەدەین مەبەستمان چییە لەوەی بەختی پەنجا-پەنجا، واتە شێر بێت یان خەت لەئارادایە؟ وەڵامێک بریتییە لەوەی ئەگەر ئێمە ١٠٠٠ جار پارەکە هەڵبدەین ٥٠٠ جار شێرمان بۆ دێت. بەڵام وای دابنێ وا دەرنەچوو و ٧٥٠ جار شێر و ٢٥٠ جار خەت

بوو. کە وا بوو دوو ئەنجامگیری دەکرێت بکرێت: ئەوە تەنیا ڕێکەوت بووە (چونکە بە پارەیەکی ساغ، تەنیا بەختێکی کەم هەیە ژمارەی شێرەکان سێ جار لە ژمارەی خەتەکان زیاتر بێت) یان پارە ئاسنەکە بە شێوەیەک لار کراوەتەوە یان قورس بووە. دەکرێت وەڵامی ئەم پرسیارە بە تاقیکردنەوە لەسەر لاریی پارەکە بدرێتەوە و ئەگەر بەڵگەیەکی فیزیایی لەسەر ئەوەی شێر و خەت لەگەڵ یەکتریدا جیاوازن دەست کەوت، لەوانەیە توانای ئەوەمان هەبێت پێشبینی بکەین بەختەکە لە دوروبەری ٣:١ دایە، کە لەگەڵ بینیندا یەک دەگرێتەوە. نمونەیەکی تر بریتییە لە تەوژمی ئاوی ڕووبار یان جۆگەلەیەک کە دابەش دەبێت بۆ دوو، بەڵام لە یەکێک لە کەناڵەکاندا ئاوی تێپەڕیو سێ بەرامبەری ئەوی تریانە (وێنەی ٦:٣). ئەگەر ئەو تەنانەی دەکەونە سەر ئاو (بۆ نموونە گەڵا یان چڵوچێو) لە خاڵێکی هەڕەمەکیدا بەر ببنەوە بۆ ناو ئاوەکە، سێ چارەکیان لە کەناڵێکەوە و یەک لەسەر سێیان لە کەناڵێکی ترەوە تێپەڕ دەبن.

وای دابنێ ئێمە گریمانە دەکەین لە تاقیکردنەوەی پێوانی فۆتۆندا بە هاوشێوەیی لاری هەیە. ئەگەرە هەژمارکراوەکان تەنیا بە هۆی ژماردنی گەردوونەکانەوەیە، وای دادەنێت کە تاقیکردنەوە لاری تێدا نییە وەک چۆن لە هەڵدانی پارەی ئاسنی ڕێکوپێکدا نییە. پێوانی جەمسەرگیریی H/V لەسەر فۆتۆنێک کە لەسەرەتادا لە جەمسەریگیریی 30° بەگوێرەی ئاسۆدایە، دەکرێت وا دابنرێت زۆر نزیکە لە هەڵدانی پارەی لارەوە یان بەربوونەوەی گەڵا بۆ ناو پەلەکانی جۆگەلەکە. بە دیارکردنی لارییەک (کە زۆر جار پێی دەگوترێت کێشێک یان پێوەرێک) بۆ پێشهاتەکان، لەوانەیە توانای ئەوەمان هەبێت چەمکی ئەگەر بگەڕێنینەوە. بە هەرحاڵ، جیاوازییەکی گرنگی زاتی لە نێوان نموونە کلاسیکییەکان و فرەجیهانییەکەی فیزیای کوانتەمیدا هەیە. لە باری کلاسیکیدا هەڵدانی پارەی ئاسن یان شێر دەبێت یان خەت، بەڵام لە باری کوانتەمیدا وەک h لە گەردوونێک و

وەک V لە گەردوونێکی تردا دمێنێتەوە. وەک دابەشبوونی جۆگەلە ئاوەکە بە دوو پەل بەبێ ئەوەی هیچ گەلا یان چلۆچێوێک هەبێت. ئاوێکی زۆرتر لە کەناڵە پانەکەوە تێپەڕ دەبێت، بەڵام ئەمە بە واتای ئەوە نییە ئاو زۆر لەو شتەی ئەوێ دەچێت. ئەمە دەشێت قسەی لەسەر بکرێت کە هەموو چەمکی ئەگەر لە جیابوونەوەدا دانراوە-ڕستەیەک کە هەڵگری وشەی یان (Or)ە و دووری دەکات لە واتای بەیەکبەستنەوە، بۆ نموونە بوونی و (And). لە هەوڵدان بۆ هەژمارکردنی ئەمە، پشتیوانانی تیۆری فرەجیهانی جەخت دەکەنەوە لەسەر ئەوەی کە هیچ چاودێرێک ناتوانێت لە دەرەوەی سیستەمەکەدا بوەستێت و داوەری لەسەر ڕێژەی ئەگەرەکان، بە ژماردنی گەردوونەکان بکات. ئەمە بە واتای ئەوەیە ئەگەرەکان بە هۆی چاودێرێکەوە هەستی پێ دەکرێت کە خۆی بەشێکە لە سیستەمە کوانتەمییەکە، دابەش دەبێت و یەک دەگرێتەوە. ئەمە ئەزموونی چاودێرگەلێکە کە ئەو شتەی (لەوانەیە بە هەڵە) ئێمە پێی دەڵێین ئەگەر دیاری دەکەن. دوای بەرگەگرتنی ژمارەیەکی زۆر تاقیکردنەوە و دابەشبوون، چاودێرەکە دەتوانێت ئەم ئەزموونەی بۆ پێشبینیی داهاتوو بەکار بهێنێت. لە هەر پێوانێکدا چاودێرەکە دابەش دەبێت، بەڵام لە هەموو گەردوونێکدا چاودێرێک یادەوەریی مێژووی پێوانەکانی خۆی هەیە و ئەو دەتوانێت ئەمانە بەکار بهێنێت بۆ دادوەریی ئەوەی چی ئەگەرێک بانگهێشت بکات بۆ پێشهاتە مومکینەکانی ئەنجامی پێوانەکان. بۆ نموونە ئەگەر لەسەر بەخت بۆ قومارکردن لەسەر پێشهاتی پێوانێکیH/V بۆ فۆتۆنێکی ۳۰° پرسیاری لێ بکرێت، ئەو ئەنجامی ۳:۱ بۆ دەرچوونیان لە کەناڵی ستوونییەوە پەسەند دەکات. لە گەردوونێکدا ئەو قومارەکە دەباتەوە و لە گەردوونێکی تردا دەیدۆڕێنێت. ئەو بە ئەگەری زۆرەوە بە ئارگیومێنتی کەم دەتوانێت پیشانی بدات ئەنجامەکەی بێواتا دەبێت ئەگەر ئەمانە بەند بن لەسەر بوونی گەردوونگەلێکی تر کە ئەو

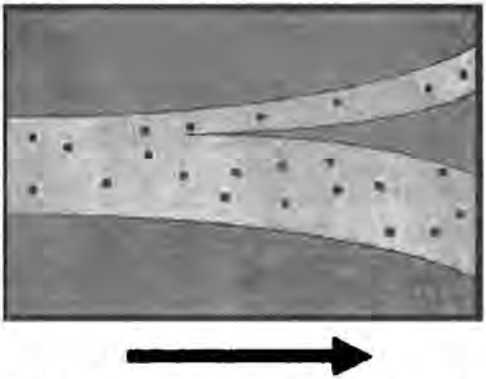
ناکرێت هەرگیز ئاگەداریان بێت. ناوی سەرچاوەیی بۆ تیۆری فرەجیهانی بریتی بوو لە لێکدانەوەی دۆخی ڕێژەیی، کە دەکرێت بەو واتایە دەربیڕدرێت کە ئەگەر بۆ ئەو پەلەی داگیر کراوە لە لایەن چاودێرەوە ڕێژەییە. ئەگەر ئێمە بتوانین تەماشای هەموو سیستەمەکە لە دەرەوە بکەین، دەتوانین بڵێین کە ئەم ئەگەرە ڕواڵەتییە وەهمێکە، بەڵام بۆ چاودێرێکی هەقیقی هەقیقەتە. سەرەڕای ئەمانە، گومان لەوەدا نییە، بە پانایی هەموو گەردوونەکان، ژمارەیەکی گەورەتر لە کۆپیی چاودێرەکان لەئارادایە کە ئەزموونەکانیان لەگەڵ ئەگەرە پێشبینیکراوەکانی فیزیای کوانتەمی یەک ناگرێتەوە. ئەگەر ئێمە ئەوە پەسەند بکەین کە ئەگەر دەکرێت بە شێوەی سوودمەند بەپێی چاودێر پێناسە بکرێت، پرسیار لەسەر قەبارەی ئەم ئەگەرە وەک گریمانەبابەتێکی زیادە دەبێت زیاد بکرێت لە فیزیای کوانتەمی یان دەکرێت لە گریمانەبابەتەکانی تری فیزیای کوانتەمەوە دەربهێنرێت و وەک بابەتی گفتوگۆیەکی سەرنجڕاکێش بمێنێتەوە.

دەبێت لە گەنگەشەکانی سەرەوەدا مەرجعەکە چاودێر بێت. وەک بینیومانە، بۆ چارەسەری هەندێک کێشەی ئەم نزیکبوونەوەیە ئێمە ناچار بووین بە وردی ئەو شتەی چاودێر کە (دەکرێت مرۆڤ بێت) ئەزموونی دەکات، لەبەرچاو بگرین. زۆربەی کارەکانی ئەم بوارە لە ساڵەکانی کۆتایی سەدەی بیست چڕ بووەتەوە لەسەر ئەنجامەکانی فرەجیهانی بۆ تێگەیشتنمان لە مێشک، زیهن و هۆشیاری بووە. هەندێک کەس هەوڵیان داوە تیۆرییەکی فرەجیهانی پەرە پێ بدەن بە شێوەیەک کە پەلەکان لە هۆشیاریی مرۆڤەوە دەست پێ دەکەن (هەڵبەت بەبێ کۆتایین). ئەوانی تر لەسەر شیکاری کوانتەمی بۆ ڕەفتاری مێشک چڕ بوونەتەوە. بە هەرحاڵ، زۆرترینی ئەم ناوچانە وەک لە بەشی پێنجەمدا باسمان کرد، هەوڵیان داوە نەچنە دەرەوەی یاساکانی فیزیا.

بڕوایەک هەیە کە تیۆری فرەجیهانی دەکرێت بە قووڵی کاریگەری لەسەر هەموو بابەتە فەلسەفییەکان، تەنانەت ئاکار دابنێت. ئایا

هەڵبژاردنێکی ئەخلاقی مانای دەبێت ئەگەر هەردوو ئەنجامەکە ڕوو بدەن، یەکێک لەم گەردوونە و ئەوی تر لە گەردوونیکی تر؟ ڕوونکردنەوەیەکی تری ئەم جۆرە پرسیارانە لە ڤێرژەنی کوانتەمی قوماری ڕووسیدا (Russian Roulette) دەردەکەوێت. وێنای فۆتۆنێکی ٣٠° بکە، کە بە ئامێرێکی H/V نزیک دەبێتەوە و وای دابنێ پێشهاتی H بە چەکێکەوە دەبەسترێتەوە، کە کاتێک فۆتۆنەکە هەستی پێ دەکرێت تەقە دەکات، بۆیە ئەگەر من لە بەردەم تفنگەکەدا وەستا بم بەدبەختییەکی ٣ بە ٤ هەیە بکوژرێم. من پارەیەکی زیاتری بۆ قومار لە لای دەڵاڵەکە دادەنێم، بۆ ئەوەی بژیم، ئەمە پەسەند دەکرێت چونکە لە بەختی بردنەوەکە لە بەرژەوەندیی دەڵاڵی (Bookmaker) قومارەکەدایە. ئێستا تاقیکردنەوەیەک ئەنجام دەدەم، لە پەلێکدا من مردووم و دەڵاڵی قومارەکە پارەکەی خۆی دەبێت، بەڵام لە پەلەکەی تردا من زیندووم و دەوڵەمەند! کەسێک ئارەزووی لێ بێت وەها تاقیکردنەوەیەک ئەنجام بدات باشترە هەڵسەنگاندنێک بۆ ئیمانی خۆی لە بڕوابوون بە لێکدانەوەی فرەجیهانی بۆ فیزیای کوانتەمی بکات!

پرسیارێکی زۆرتر تەکنیکی بریتییە لە پێناسەی بنچینەکانی دابەشبوون، کاتێک دابەشبوونەکە ڕوو دەدات. ئێمە بینیمان کە پێوانی جەمسەرگیریی H/Vی فۆتۆنی ٤٥° کە بە ئامڕازەکان بە دۆخی سەریەککەوتنی تۆمارکردنی H و V دەگات. ئێمە گوتمان کە ئەم سەریەککەوتنی پەلانە لە ڕووبارەکەی وێنەی ٦:٣ دەچێت. بەڵام ئەمە سیستەمێکی کوانتەمییە نەک ڕووبار. بۆچی ناکرێت هەندێک سەریەککەوتنی تر (وەک ٣٠° و ١٢٠°) وەک بنچینە لەبەرچاو بگیردرێن؟ ئایا مەترسیی دووبارە ناساندنەوەی دادوەری لەسەر تیۆرییەکە هەیە- دادوەری لەسەر گریمانەی سڕینەوەی تیۆرییەکی عەینیی وەک فرەجیهانی؟ بە ڕاستی هەندێک جار تیۆری فرەجیهانی وەک گریمانەبابەتێکی زیادە لە لێکدانەوەی کۆپنهاگندا تێک دەڕمێت.



وێنەی ٦:٣: ئاوی ناو ڕووبارێک دابەش دەبێت بۆ دوو کەناڵ. ئەگەر ئێمە تەنێکی سووک بەر بدەینەوە بۆ سەر ئاوە جووڵاوەکە، لەوانەیە توانای ئەوەمان هەبێت بڵێین بە ئەگەری زۆرترەوە لە کەناڵە پانەکەوە تێپەڕ دەبێت. بە هەرحاڵ، بێواتایە بڵێین ئاو بە ئەگەری زیاترەوە لەم کەناڵەوە دەڕوات تا ئەو کەناڵی تر. بە هاوشێوەیی ئەگەر سیستەمێکی کوانتەمی لە سەریەککەوتنی دوو دۆخدا بێت، لەوانەیە بێواتا بێت بڵێین کە ئەگەرێک هەیە لەمیاندا بێت یان ئەویان.

ئەم تێڕوانینە هاندەر بوو بۆ هەندێک لە پشتیوانانی فرەجیهانی کە قسە لەسەر دابەشبوون بکەن تا بەپەلبوون. بە هەرحاڵ، ئەگەر ئەمە ڕاست بێت، تێڕوانینی فرەجیهانی بە شێوەیەکی بەرچاو لە چارەسەری پرسی پێواندا تووشی شکست دەبێت! پرسی پێوان بە هۆی ئەوەوە دەردەکەوێت، چونکە لە کۆتاییدا دارمان وەک گریمانەبابەتێکی زیادە دەناسێنێت، هەر بۆیە ئەگەر ئێمە ئەمە بە دابەشبوون بگۆڕینەوە "ئابووریی گریمانەبابەتەکان" تا ڕادەیەک هەستپێکراو نابێت. بە هەرحاڵ، کارە نوێیەکان، بە ڕوونی لە دارشتنە سەرچاوەییەکەی **ئێڤێرت**دا، جەخت لەسەر بەکارهێنانی ڕێسا کوانتەمییەکانی پەیوەندیدار بە پێوانەوە بۆ گۆڕانی بە پێچەوانەوە یان

پرۆسەکانی شێوەپێوان، بۆ ئەنجامەکانی سیستەمە پەلاوییەکان بۆ بنچینەیەکی پێناسەکراو بە هۆی دۆخە مومکینەکانی ئامرازێکی ماکرسکۆپی، دەکەنەوە. لە بەشی پێنجەمدا باسی قسەیەکی بۆرمان بۆ ڕێکخستنی ئامێرەکان کرد (لە نموونەی جەمسەرگرەکان): "بارودۆخی زۆر هەن کە پێناسەی جۆرە مومکینەکانی پێشبینیی ڕەفتاری داهاتووی سیستەمێک دەکەن." لە چوارچێوەی فرەجیهانیدا ئەمە هەمان ڕێکخستنە کە پێناسەی پایەکانی هەموو سیستەمەکە دەکات بە ئامێر و چاودێریشەوە، کە بە ناچاری دەبێت بە پەل ئەگەر بەپێی ڕیسا بنچینەییەکانی فیزیای کوانتەمی بێت. ئێمە لە بەشی دەیەدا دەگەڕێینەوە سەر ئەم خاڵە.

سەرنجڕاکێش دەبێت ئەگەر مۆدێلی فرەجیهانی لە بارودۆخی EPRدا کە لە بەشی سێیەمدا باس کرا، بەکار بهێنین. لەوێ باسی ئەنجامەکانی پێوانی جەمسەرگیریی جووتێک فۆتۆنی دەرچوو لە یەک سەرچاوەوە و لە دۆخێکدا کە جەمسەرگیرییەکەیان ستوونین لەسەر یەک کرد. بە گەڕانەوە بۆ وێنەی ٣:٢، دەبینین کاتێک فۆتۆنێک (تۆ بڵێ) لە کەناڵی ئاسۆیی ئامرازێکی H/V دەبینرێت لفەکەی وا ڕەفتار دەکات وەک ئەوەی جەمسەرگیرییەکەی ستوونی بێت. پێش ئەوەی شیکاری ئەمە بەگوێرەی دیدگای فرەجیهانی بکەین، ئێمە ناچارین زۆرتر لەسەر دۆخی سەرەتایی جووتێک فۆتۆن بەپێی فیزیای کوانتەمی بزانین. هاوشێوەی ئەو ڕێگەی کە دۆخی ٤٥°ی فۆتۆنێکی تاقانە وەک سەریەککەوتنی دۆخەکانی h و v لەبەرچاو دەگیردرێت، دۆخی سەرەتایی جووتێک فۆتۆنی گرێدراویش دەکرێت وەک سەریەککەوتنی دوو دۆخ لەبەرچاو بگیردرێت. دۆخێک پیشاندەری فۆتۆنی h لە لای چەپ و فۆتۆنی v لە لای ڕاست، ئەوی تریان بە پێچەوانەیە. ئێستا وای دابنێ پێوانی جەمسەرگیریی H/V دەکەوێتە کار، تۆ بڵێ لەسەر فۆتۆنی لای چەپ. لە دیدگایەکی نەریتییەوە، دۆخی جووتە فۆتۆنەکە دادەڕمێت بۆ ئەم یان ئەو بەشۆکەی

سەریەککەوتنەکە: ئێمە بۆ هەر h فۆتۆنێک لە کەناڵی H جەمسەرگری لای چەپەوە فۆتۆنێکی V بە مەودایەکەوە تێپەڕ دەبێت یان فۆتۆنێکی V تێپەڕیو لە کەناڵی Vوە لە لایەن فۆتۆنێکی ڕاستگەڕی hوە هاوڕێیەتی دەکرێت. لە بەشی سێیەمدا ئێمە قورسیی گونجانی ئەم ڕەفتارەمان لەگەڵ ئایدیای لۆکاڵیبووندا بینی. ئێستا دەمانەوێت سەیری ئەم پرۆسە لە دیدگای فرەجیهانییەوە بکەین، کە وەک بینیمان دارمانی تێدا نییە: فۆتۆنی چەپگەڕ دەبێت بە هۆی ئەوەی ئامێری چەپگەڕ و چاودێر لە سەریەککەوتنێکدا ببن بە پەل. هەموو پەلێک هەڵگری فۆتۆنێکی ڕاستگەڕە، بەڵام سەریەککەوتن دانەڕماوە. وا دەردەکەوێت کە پێوانی چەپگەڕ، کە تەنیا بە شێوەی لۆکاڵی خۆی کارلێکی لەگەڵ فۆتۆنەکەدا هەیە، کاریگەریی نابێت لەسەر دۆخی فۆتۆنی ڕاستگەڕ. بە هەرحاڵ، وای دابنێ جەمسەرگرە چەپگەڕەکە ئاڕاستەکەی بە شێوەیەک دەگۆڕێت کە لەبری H/V، ∓٤٥° بپێورێت. ئەو کات دەتوانین دۆخی سەرەتایی وەک سەریەککەوتنی دۆخەکانی +٤٥° لە لای چەپ و -٤٥° لە لای ڕاست دەرببڕین، ئەوی تر ئەم جەمسەرگیرییانەی ئاڵوگۆڕ دەبێت، لە ڕاستیدا ئێمە سەربەستین لە هەڵبژاردنی. ئارگیومێنتێکی یەکسان بەوەی سەرەوە دەمانگەیەنێت بەو ئەنجامەی بۆ پێوانێکی چەپگەڕ فۆتۆنە ڕاستگەڕەکەی +٤٥° لە پەلێکدایە و -٤٥° لە پەلێکی تردا. بە ڕوونی گرێدراوییەک لە پێوانێکی جۆریدا لەسەر چەپ و دۆخی فۆتۆنە ڕاستگەڕەکە لە پەلەکەی تردا هەیە. کە ئەمە واتای ئەوەیە تیۆری فرەجیهانی لە پرسی نالۆکاڵیبوون، کە هێشتا بابەتێکی جێگەی گفتوگۆیە، دووری دەکات.

تەنانەت ئەگەر گریمانەبابەتی فرەجیهانی پرسی نالۆکاڵیبوون چارەسەر بکات، پرسیار لەسەر ئەگەرەکان بە قورسی دەمێنێتەوە، هەر بۆیە قورسە بڵێین کە تیۆری فرەجیهانی چارەسەرێکی تەواو بۆ پرسی پێوان ئامادە دەکات. ئەو لێکدانەوەیە چییە دەبێت ئەنجام بدرێت بۆ شرۆڤەیەکی تەواوی هیەقیقەتگەرایانەی تەنە

کوانتەمییەکان؟ با مۆدێلێکی سادە لەبەرچاو بگرین، کە لەودا فۆتۆنێک بەسەر ڕێچکەیەکی تایبەتدا دەڕوات و بە هۆی جەمسەرگرێکی تایبەتەوە دەردەخرێت، لە هەمان کاتدا تۆمارکردنێک (لە گەردوونێکی تردا) دەبێت، کە چی ڕوو دەدات ئەگەر بە ڕێچکەیەکی تردا بڕوات. تەنانەت جۆرێک دڵنیایی دروست دەبێت، چونکە هەموو ئەنجامە مومکینەکانی ڕووداوێکی کوانتەمی نە تەنیا ئەگەری ڕوودانیان هەیە، بەڵکو ڕوو دەدەن. لە بەشی یەکەمدا باسمان کرد کە چۆن **لاپلاس** لە سەدەی نۆزدە پرەنسیپی جەبرگرایی لەم ڕستەیەدا کورت کردەوە: "دۆخی ئێستای گەردوون ئەنجامی ڕابردوو و هۆکاری داهاتووەکەیەتی." بە هاوشێوەیی، فیزیایی فرەگەردوونی بڕوای وایە دۆخێکی تایبەتی لە گەردوونێک کە لە کاتێکی تایبەتدا تێیدا ین، "ئەنجامی ڕابردووەکەی" و "هۆکاری داهاتووی" هەموو ئەو گەردوونانەیە لەم گەردوونەوە دواتر لەسەر پەلەکان دروست دەبن. لە پرەنسیپدا (هەڵبەت نەک بە شێوەی کردەکی) دۆخەکانی داهاتووی هەموو ئەم گەردوونانە دەکرێت لە یاساکانی کوانتەم و دۆخی ئێستای پەلەکەی خۆمان هەژمار بکەین. بەڵام سەرنجڕاکێشە تەنانەت لە پرەنسیپدا نامومکینە، هەمان هەژمارکردن بۆ ڕابردوو بکرێت، چونکە بۆ ئەنجامدانی ئەوە پێویستیمان بە زانیاری نە تەنیا لەسەر پەلەکەی خۆمان، بەڵکو لەسەر پەلەکانی تری ئێستاشە.

هەڵبەت ئەگەر مۆدێلی فرەجیهانی پووچ بکەینەوە، دەگەڕێینەوە بۆ کێشەی پێوان. ئەگەر بوونی هەموو دۆخە جیاوازەکانی گەردوون ناپەسەند بێت، ئەوکات دەبێت یەکێک لە ڕێگە مومکینە کوانتەمییەکان هەڵبژێردرێت و ئەگەر ئەم هەڵبژاردنە بۆ زیهنی هۆشیار ناپەسەند بێت، دەبێت لە شوێنێکی تری زنجیرەی پێوان ئەنجام بدرێت. ئایا لە پرۆسەی دەرەوەی زیهنی مرۆڤ خاڵێک هەیە کە بکرێت بگوترێت زنجیرەکە پساوە و پێوانەکە تەواوە؟ پاشماوەی ئەم کتێبە گەڕانی زیاترە بۆ وەڵامی ئەم پرسیارە.

بەشی حەوتەم
ئایا پرسی قەبارە لەئارادایە؟

لە دوو بەشی پێشوودا دوو دیدگای پرسی پێوانی کوانتەمی شرۆڤە کرا, لە لایەکەوە پێشنیاز کرابوو کە هەموو یاساکانی فیزیا بۆ هەموو سیستەمە فیزیاییەکان ڕاستن، بەڵام وا دانرا بۆ زیهنە هۆشیارە نافیزیاییەکان تووشی شکست دەبن. لە لایەکی ترەوە نزیکبوونەوەی فرەجیهانی وای دادەنێت یاساکانی فیزیا گەردوونین و پەل لێبوونەوەی گەردوون لە هەر پێوان یان ڕووداوێکی لە پێوان چوو ڕوو دەدات. بە هەرحاڵ، هەرچەندە لە تێڕوانینێکەوە ئەم دوو دیدگایە دژبەیەک و حەدین، بەڵام ئارەزووی هەردووکیان پاراستنی تیۆری کوانتەمییە وەک تیۆرییەکی بنچینەیی و گەردوونی، گەردوونی فیزیاییە، کە لە لایەکەوە بە باشی توانای شرۆڤەی تایبەتمەندیی تەنۆلکە ئەتۆمی و نیمچە ئەتۆمییەکانی هەیە و لە لایەکی ترەوە هەستەوەرەکان و ژمێرەرەکان و پشیلەکان ڕوون دەکاتەوە. لەم بەشەدا ئێمە باسی ئیمکانی ئەلتەرناتیڤ دەکەین، کە تیۆری کوانتەمی لەوانەیە ناچار بێت بگۆڕێت پێش ئەوەی بتوانێت شرۆڤەی ڕەفتاری تەنە گەورە ماکرۆسکۆپییەکان بە باشی سیستەمە میکرۆسکۆپییەکان بکات. ئێمە ناچارین لە هەر گۆڕانێکدا پرەنسیپی ڕیدوسیونیزمی لاواز

(ووردکـردنەوە)، کە لە کۆتـایی بەشـی پێنجەمـدا باسـی لێـوە کـرا، بپارێزین.

یەکەم خـاڵ کە بەرچـاو دەکەوێـت، بـریتییە لەوەی کە ئەو شـتەی قسـەیان لەسـەر دەکرێت کەمێک لەگەڵ یەکتری جیاوازن. هەر وەک چۆن لە بەشی یەکەمدا جەختمـان لەسـەر کـردەوە، لەوانەیە تیـۆری کـوانتەم سـەرکەوتووترین تیـۆری لە زانسـتی نوێـدا بێـت. لە هەر شـوێنێکدا بەکـار بهێنرێـت، جـا ڕەفتـاری تەماشـای تەنـۆلکە سەرەتاییەکان بێت یان چیپە کوانتەمییەکان پێشبینییە کوانتەمییەکان هەمیشە لەگەڵ ئەزموونـدا یەکی گرتووەتەوە. کە وا بـوو فیزیاییەکـان پرسـی پێوانیـان چـۆن چارەسـەر کـردووە؟ وەڵامـی سـادەی ئەم پرسیارە بریتییە لەوەی فیزیاییەکان بە کردەوە لێکدانەوەی کۆپنهاگن بەکار دهێنن، واتە کاتی وردی پێوانەکە دەزانن و لە نێوان سیستەمی کوانتەمی و ئـامێری پێوانـدا جیاوازی دەکەن. هەستەوەرێکی فۆتـۆنی وەک تیـوبی زۆرکەری فۆتـۆنی (Photomultiplier Tube) و یـان بەرهەمهێنەرێکـی ڤـۆڵتییەیی بەرز و سـووڕە ئەلکترۆنییەکـان هەرگیـز ناکرێـت بە کـردار دوای پێـوان بگەڕێـتەوە بـۆ ئەو دۆخەی پێشـتر هەیبووە. بۆیە فیزیاییەکـان کێشـەی کرداریـیان لە ناسـینەوە لە نێوان پرۆسە پێوانەکاندا نییە، کە لەودا بۆ نموونە تەنۆلکەیە بە هۆی وەها ئـامێرێکەوە هەسـت پـێ بکرێـت و پرۆسـەی کـوانتەمی پەتـی (Pure Quantum)، هاوشـێوەی تێپەڕبـوونی فۆتۆنێـک لە جەمسـەرگرێکی بێئاڕاسـتەوە. بەڵام ئەگەر بپرسـن پێناسـەی ئەم جیـاوازییە بە ڕێگەیەکی هۆشیارانە بکە، زۆرترینمان بە قورسی دەتوانین هێڵێک بۆ جیـاوازی دیـاری بکەیـن و بڵێـین بـۆچی جیـاوازە. ئەگەر ئێمە پرسـی پێوان بەم شێوە چارەسـەر بکەیـن، ناچـار دەبین ئیمکانێک بدۆزینەوە تا جیاکردنەوەی ئەم جیاوازییە بە شێوەیەکی گونجاو بکرێت.

یەکەم شـت کە لەم بـارەدا دەگـات بە زیهنمـان، بـریتییە لە قەبـارە. فیزیـای کـوانتەمی نەک بـۆ سیسـتەمەقەبارە گەورەکـانی ئـامێرە

ماکرۆسکۆپییەکان، بەڵکو بۆ سیستەمە ئەتۆمی و نیمچە ئەتۆمییەکان بەکار دێت. بە هەرحاڵ، لێرەدا مەبەست لە قەبارە تەنیا دوورییە فیزیاییەکانی ئامێرەکانی پێوان نییە، چونکە لە تاقیکردنەوەیەکی بەیەکداچوونی جۆریدا فۆتۆن چەندین سانتی مەتر دووری نێوان سەرچاوە و شاشەکە دەبڕن و شێوازی بەیەکداچوونەکەش دروست دەبێت. بە هەرحاڵ، ئێمە لە گەنگەشەکانمان لەسەر پرسی EPR لە بەشی سێیەمدا بینیمان، کە گرێدراوی کوانتەمی لە نێوان جووت‌تەنۆلکەکاندا دەکرێت لە مەودای گەورەدا ببینرێت (لە تاقیکردنەوەی **ئالیەن ئاسپێکت**دا چەندین مەتر و لە کارەکانی دواتردا چەندین کیلۆمەتر). کە وا بوو چی تایبەتمەندییەکی تر جیاوازی نێوان ئامێری پێوان و سیستەمی کوانتەمی کە پێوانەکە لەسەری ئەنجام دەدرێت دیاری دەکات؟ لەم بەشەی ئێستادا ئێمە لێکۆڵینەوە لەسەر ئەم ئیمکانە دەکەین کە فاکتەری سەرەکیی لەوانەیە ئەو ڕاستییە بێت کە ئامێرەکانی پێوان بریتین لە ژمارەیەکی زۆر گەورە لە تەنۆلکە ئەتۆمییەکان.

لایەنێکی جیاکەرەوەی نێوان ئامێرەکانی پێوانی وەک تیوبەکانی چەند بەرامبەرکەرەوەی فۆتۆن، ژمێرەرەکان، پشیلەکان و بوونەوەری وەک مرۆڤ و سیستەمە کوانتەمییە پەتییەکان کە ئەوان لە ژمارەیەکی زۆر گەورە لە ئەلیکترۆنەکان، پرۆتۆنەکان و نیوترۆنەکان دروست بوون. لە کاتێکدا بە شێوەی جۆری ئامێرە کوانتەمییەکان پێک هاتوون لە تەنۆلکەی تاکی وەک تاک‌فۆتۆن یان لە ژمارەیەکی کەم تەنۆلکە. سەرەڕای ئەوە بە دڵنیاییەوە ڕەفتاری ئامێرەکانی پێوان دوای ئەوەی زانیاریی لەواندا دەگات بە ئاستێک کە ئەنجامەکان بخوێندرێتەوە، دەکرێت بە شێوەی کلاسیکی شرۆڤە بکرێت. هەر بۆیە هێمای ئامێری پێوانی لە کاتی تێپەڕبوونی تەزوو لە کۆیلەوە و کاریگەریی بواری موگناتیسی لا دەدات، یان کاتێک گلۆپێک دادەگیرسێت توندیی ڕووناکی بە ڕادەیەک هەیە، کە دەکرێت لە تایبەتمەندیی فۆتۆنی

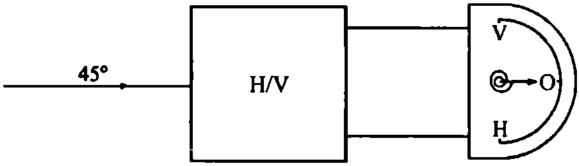
چاوپۆشی بکرێت و بە شێوەی شەپۆلی کلاسیکی حیسابی بۆ بکرێت. ئایا هەر بەو سادەییە تەنێک کە هەڵگری ژمارەیەکی زۆر ئەتۆمە، لەبری یاساکانی میکانیکیی کوانتەمی ملکەچی فیزیای کلاسیکییە؟ ئەوکات تەنە مایکرۆسکۆپییەکان تا پێش کارلێک لەگەڵ تەنە گەورەکان، واتە پێش کارلێکی پێوان، ملکەچی یاساکانی کوانتەمن.

یەکێک لە کێشەکانی ئەم نزیکبوونەوەیە، پێناسەی چەمکی بە ڕادەی پێویست گەورە، یان ژمارەی ئەتۆمەکان بە ڕادەی پێویست زۆرە. بە هەرحاڵ، ئامێرێکی پێوانی جۆری لەوانەیە هەڵگری 10^{20} ئەتۆم بێت کە لەڕادەبەدەر گەورەترە لە یەک یان دوو. دەکرێت تێبگەین کە لە ڕاستیدا یاسا بنچینەییەکانی فیزیا هەڵگری هەندێک ڕستەن کە بۆ سیستەمی فرەتەنۆلکەیی دەکرێت چاوپۆشیی لێ بکرێت، بەڵام کاتێک ژمارەی تەنۆلکەکان زۆر دەبێت گرنگی پەیدا دەکەن. ئەمە بە خێرایی دەمانگەێنێت بەو ئەنجامەی سەریەککەوتن دادەڕمێت، وەک تەنێکی ماکرۆسکۆپی چۆن زنجیرەی پێوان لەسەر ئەنجام دەدرێت. ڕستەیەک کە بۆ ئەم ڕەفتارە گریمانەبابەتییە هەیە، بریتییە لە داڕمانی خۆبەخۆ (Spontaneous Collapse). بیرکردنەوە لە وەها بابەتێک دەگات بە خەملاندنێکی نوێ بۆ ڕەفتاری کوانتەمی سیستەمە ماکرۆسکۆپییەکان.

لەمێژە دەرکەوتووە ئەگەرچی تەنە مایکرۆسکۆپییەکان بە ڕواڵەت ڕەفتاری کلاسیکییان هەیە، بەڵام زۆر لە تایبەتمەندییەکانیان لە ڕەفتاری کوانتەمی بەشە مایکرۆسکۆپییەکانییەوە سەرچاوە دەگرێت. بۆ نموونە ئەوەی کە هەندێک توخم کانزان و کارەبا دەگەیەنن و هەندێکی تریان نەگەیەنەر یان نیمچەگەیەنەرن، لە تایبەتمەندیی کوانتەمی ئەلیکترۆنەکان لە تەنە ڕەقەکانەوە دێت. بە هاوشێوەیی، تایبەتمەندیی گەرمایی تەنە ڕەقەکان وەک گەرمای تایبەتی یان گەیاندنی گەرمایی بەندە لەسەر جووڵەی کوانتەمی تەنۆلکەکان. هەر بۆیە لەوانەیە وا وێنا بکرێت ڕەفتاری کوانتەمی سیستەمە

ماكرۆسـكۆپییەكان هەقیقەتێكـی بە باشـی جێگیـر بێـت. بەڵام تایبەتمەندییەكی پرۆسەی پێوان لەمانەدا دیار نییە، كە ئەویش بریتییە لە گۆرانی دۆخـی بەكۆمەڵی ژمارەیەكی زۆر لە تەنۆلكەكان لە كاتی دەركەوتنـی ئەنجامی پێوانـدا. بۆ نمـوونە كاتێـك هێماكان لا دەدەن، هەمـوو ئەتۆمەكـان پـێكەوە دەجـووڵێن، یـان كاتێـك گڵۆپێـك دادەگیرسـێت، جـووڵەی بەكـۆمەڵی ئەلیكترۆنەكـان تەزوو لە نـاو وایەرەكەدا دروست دەكات و گلۆپەكە دادەگیرسێنێت. ئەم جۆرە لە جـووڵەی بەكـۆمەڵی ژمـارەیەكی زۆر تەنـۆلكە لە تایبەتمەنـدییە پێویستەكانی هەموو ڕووداوە ماكرۆسكۆپییە شیاو بۆ بینینەكان و بە تـایبەتی ئامێرەكانی پێوانە. ئایا دەكرێت كاتێک وەها جوولەگەڵێكی بەكـۆمەڵ ڕوو دەدات، تیـۆری كـوانتەمی تووشـی دارمـان ببێـت؟ بـۆ تـاقیكردنەوەی توانـای بەكارهێنـانی فیزیـای كـوانتەمی لە وەهـا بارودۆخێكدا دەكرێت ئامرازێـك وەك ئەوەی لە وێنەی ٧:١ پیشـان دراوە، بەكـار بهێنـین: لێـرەدا نمـوونە هەمیشـەییەكەی فۆتـۆنی ٤٥° لەبەرچـاو دەگـرین، كە دەچێتە نـاو ئـامێری H/Vوە و ئەنجـامەكەی دەگـات بە هەسـتەوەرێک و هێمـاكەی بەپێی ئەوەی فۆتـۆنەكە لە كـام كەنـاڵەوە دەربكەوێت لە شـوێنی ناوەنـدی Oیەوە بەرەو H یـان V لا دەدات. تـا ئێرە ئەمە هەمـان ئـامێرە كە پێشـتر چەنـدین جـار قسـەمان لەسـەری كـردووە (وێـنەی ٤:٥) بەڵام ئێسـتا گـۆڕانێكی گرنگـی تێـدا دەدەین. وەک لە وێنەی ٧:١ پیشان دراوە، وای دادەنێین كە هێمـاكە بە شـێوەیەک بە سـپرنگەكەوە بەسـتراوەتەوە دوای لادان دووبـارە بگەڕێتەوە بۆ ناوەراست. هەر بۆیە ئەگەر فۆتـۆنەكە لە كەناڵی Hوە تێپەڕی (لەوانەیە بەو هۆكارەی كە كەنـاڵی V داخـراوە) بە دڵنیـاییەوە هێمـاكە سـەرەتا بەرەو H و لە دواییـدا بەرەو V لا دەدات و ئەگەر فۆتـۆنەكە لە كەنـاڵی Vوە تێبپەڕێـت، كـرداری پـێچەوانە ڕوو دەدات. بەڵام ئەگەر فۆتـۆنەكە لە هەردوو كەنـاڵەكەوە تێـپەڕ بێـت و ئەگەر تیۆری كوانتەمی هەم بۆ فۆتۆنەكە و هەم بۆ هێما ماكرۆسكۆپییەكە

بەکار بهێنرێت، لە ڕاستیدا هێماکە هەردوو جووڵەکە ئەنجام دەدات و بە کردەوە ئەم دوو جووڵەیە یەکتری دەسڕنەوە و هێماکە لە شوێنی خۆییدا دەمێنێتەوە (ئەم تاقیکردنەوە ناکرێت بە کردەوە ئەنجام بدرێت، هۆکارەکانی دواتر قسەی لەسەر دەکەین).



وێنەی ١:٧: ئەگەر هێمای دەرخەری فۆتۆنی لەسەر سپرنگێکی ئایدیال دابنرێت، ئایا بە هۆی ئەوەی نیشانە نێردراوەکان لە لایەن کەناڵەکانی ئاسۆیی و ستوونی یەکتری دەسڕنەوە، لە جێگەکەی خۆیدا دەمێنێتەوە؟ یان بە هۆی ئەوەی ناکرێت میکانیکی کوانتەمی بۆ وەها تەنگەڵێکی ماکرۆسکۆپی بەکار بهێنرێت، هەمیشە بەرەو H یان بەرەو V لا دەدات؟

ئەگەر ئێمە وەها تاقیکردنەوەیەک ئەنجام بدەین و هیچ جووڵەیەک لە هێماکەوە نەبینین، ئەوکات توانایی تیۆری کوانتەممان بۆ سیستەمە قەبارە گەورەکان پشتڕاست کردووەتەوە. بە پێچەوانەوە ئەگەر زنجیرەی پێوان، لەو شوێنەی ئامێری پێوان هەڵگری ژمارەیەکی زۆر ئەتۆم بێت، بشکێت، داڕوخانی خۆبەخۆ (Spontaneous Collapse) ڕوو دەدات و کاتێک فۆتۆنێک تێپەڕ دەبێت هێماکە هەمیشە بە ئاڕاستەیەکدا لا دەدات و سڕینەوەی کوانتەمی هەرگیز نابینرێت.

تیۆرییەکی داڕمانی خۆبەخۆ بە وردەکاریی زیاترەوە لە ساڵانی ١٩٨٠دا لە لایەن سێ زانای ئیتاڵییەوە پەرەی پێ درا، کە ناسراوە بە تیۆری GRW. ئەوان لە گریمانەبابەتێکەوە دەستیان پێ کرد،

هەرچەندە تەنۆلکەکان دەکرێت لە دۆخە کوانتەمییە ناجێگیرەکاندا بن کە بریتین لە سەریەککەوتنی دۆخەکانی گرێدراو بە شوێنە جیاوازەکان، ئەگەرێکی ناسفر هەیە کە ئەمانە بە شێوەی خۆبەخۆ دابڕووخێن بۆ یەکێک لەو دوو دۆخە شوێنییە جێگیرانە، ئەمیان یان ئەویان. بۆ گونجاندن لەگەڵ بەڵگەی تاقیکردنەوەیی بۆ تایبەتمەندیی کوانتەمی تەنۆلکە ئەتۆمی نیمچەئەتۆمییەکان، ئەوان گریمانە دەکەن کە ئەم ئەگەرە زۆر زۆر بچووکە و دەبێت ١٠⁵ ساڵ چاوەڕێ بکەین تا تەنۆلکەیە دابڕمێت. بە هەرحاڵ، تەنێکی ماکرۆسکۆپی هاوشێوەی هێماکە لە ئامێرێکی پێواندا هەڵگری نزیکەیی ١٠^٢٠ ئەتۆمە، هەر بۆیە ئەگەری ئەوە هەیە یەکێک لەم ئەتۆمانە لە ١٠^-٨ چرکەدا دابڕمێت. GRW ئاماژە دەکات بەوەی ئەگەر ئەتۆمێک لە هێمایەکی ناجێگیردا دابڕووخێتە سەر خۆی، بە ناچاری یەکێک لە بەشەکەکانی سەریەککەوتنەکەی لێ دەبێتەوە و ئەوی تر کێشەکەی دوو بەرامبەر دەبێتەوە. ئەمە ئەنجامێکی حەتمی لە زیادبوونی وزەی سیستەمێکدایە و هیچ شوێنێکیش نییە ئەم وزەیەی لێوە هاتبێت. بۆ دوورکەوتنەوە لەمە ئەوان وایان دانەوە کە تێکڕمانی تەنۆلکەیەکی تەنیا لە تەنێکی مایکرۆسکۆپی ناجێگیردا بە ناچاری دەبێت لە کۆتاییدا بگات بە تێکڕمانی هەموو تەنەکە. هەر بۆیە هێماکە تەنیا بۆ ماوەیەکی کورت پێش داڕمان بۆ یەکێک لە دۆخی گرێدراو بە پێشهاتی پێوانێکەوە، لە دۆخی سەرکەوتنی ناجێگیردا دەمێنێتەوە. وردەکاریی تیۆرییەکە ئەوە دەگەیەنێت کە ئەگەری داڕمان بۆ هەر دۆخێکی تایبەتی هاوشێوەی پێشبینی ڕێساکانی پێوانی کوانتەمییە. ئەگەر تیۆری GRW ڕاست بێت، کە وا بوو داڕمانی خۆبەخۆ پرسی پێوان چارەسەر دەکات و ڕیدوسیونیزمی لاوازیش دەپارێزێت، چونکە ئەمە تاکە تیۆرییە کە جیاوازیی هەردوو چوارچێوەی ماکرۆسکۆپی و مایکرۆسکۆپی دەردەخات.

هەنگاوی دواتر بریتییە لەوەی ئایا هیچ بەڵگەیەکی تاقیگەیی بۆ پشتگیریی ئەم ئایدیایانە هەیە، بە داخەوە تاقیکردنەوەیەکی

هاوشێوەی ژمێرەری لەرەلەرکەر کە لە سەرەوە قسەمان لەسەری کرد، مومکین نییە، بە ژمێرەر یان ئامرازێکی ئاسایی ئەنجام بدرێت، چونکە تەنانەت ئەگەر هیچ دارمانێکیش ڕوو نەدات، دۆخی وەستاو لە Oدا تەنیا کاتێک دروست دەبێتەوە ئەگەر دوو لەرەلەرەکە بە تەواوەتی یەکتری بسڕنەوە. هێماکە تەنێکی ماکرۆسکۆپییە کە پێک هاتووە لە ژمارەیەکی زۆر ئەتۆم، هەموویان دەبێت لە دوو مۆدی لەرینەوە لە دوو ئاڕاستەی بە تەواوەتی دژ بجوولێن. شوێنی هێماکە سەرەڕای جوولەی بەکۆمەڵی پەیوەندیدار بە پێوانەوە، بابەتی کاریگەریی بەرزونزمی هەڕەمەکیی کارلێک لەگەڵ ئەو هەوای کە تێیدا دەجوولێت و گۆڕانکاریی هێزی لێکخشاندن لە شوێنی بەستەردا دەبێت لەبەرچاو بگیردرێت. تەنانەت ئەگەر بکرێت ئەم فاکتەرانە لا ببرێت، ئەتۆمەکانی هێماکە کەم تا زۆر جوولەی هەڕەمەکیی گەرمایی خۆیان دەبێت و لە ئەنجامدا هەلی ڕاستەقینەی ئەوە لەئارادا نابێت کە دوو لەرینەوەکە بسڕێنەوە. لە ڕاستیدا بە هۆی ئەمەوەیە هەژمارکردنی وردتر پیشان دەدات، تەنانەت ئەگەر جوولەی کوانتەمی پەتییش لەئارادا بێت، بە کردەوە هێماکە هەمیشە لە یەک دۆخی لەرینەوەدا دەبێت. بە شێوەی ئەلتەرناتیڤ، لە دیدگای فرەجیهانییەوە، جوولەی گەرمایی دەبێت بە هۆی پەل، کە لە ئەنجامدا کۆپییەکی چاودێرەکە دەبینێت هێماکە بۆ لایەک دەلەرێتەوە، لە کاتێکدا ئەوەی گەردوونەکەی تر پێچەوانەکەی دەبینێت. بەم شێوەیە، دەلالەتەکانی بینینی تەنێکی ماکرۆسکۆپی لە دۆخی سەریەککەوتنیدا زۆر قورسە، تەنانەت لە نەبوونی دارمانی خۆبەخۆ. بە شێوەی ئەلتەرناتیڤ هەندێک لە زانایان پێشنیازیان کردووە کە بوونی ئەم جوولە گەرماییە هەڕەمەکییانە بەشێکی سەرەکییە لە پرۆسەی پێوان و لەسەر ئەمە لە بەشی دواتردا قسە دەکەین. بەڵام لە ئێستادا ئارەزوومان لەم پرسیارەیە کە ئایا لە پرەنسیپدا دەکرێت ڕەفتاری کوانتەمی پەتی تەنێکی ماکرۆسکۆپی (هەر بەو جۆرەی لە نموونەی سەرەوەدا بۆ

هێمـاکە پێشـنیازمان کـرد) ببینرێـت یـان نـا؟ ئەم ئیمکـانە بـابەتی بەدواداچوونی تاقیگەیی سەرنجڕاکێشی ئەم ساڵانەی دوایی بووە.
ئیمکانی داڕووخـانی خۆبەخۆ لەوانەیە بکرێت بە هـۆی تـاقیکردنەوەی بەیەکـداچوونی هاوشـێوەی ئەوەی بـۆ شـرۆڤەی بەیەکـداچوونی دوو کەلەبەری ڕوونـاکی بەکـار دەهێنرێت، ئەنجـام بـدرێت (بـڕوانە وێنەی ١:٢). شـەپۆلی بەکارهـاتوو دەبێـت شـەپۆلی مـادیی پەیوەندیـدار بە تەنێکـی ماکرۆسـکوپییەوە بێـت. ئەگەر هەمـوو شـتەکان بەپێـی پێشـبینییەکانی فیزیـای کـوانتەمی بـۆ دروسـتبوونی شـێوازێکی بەیەکـداچوون بێـت و لە کۆتاییـدا نەبینرێـت، دەکرێـت بگەیـن بەو ئەنجـامەی داڕمـانی خۆبەخـۆ ڕووی داوە. گەورەتـرین تەنێـک کە تایبەتمەنـدییە کـوانتەمییەکەی ڕاسـتەوخۆ بەم شـێوە لێکـۆڵینەوەی لەسەر کراوە، مۆڵکیولەکانی فولیرین-بەکمینستەر (-Buckminster Fullerene) بـووە. ئەمە بـریتییە لە ٦٠ ئەتـۆمی کـاربۆن کە بە نزیکەیی بە شـێوەی گـۆیی ڕێـک خـراون، کە تـۆپی فووتبۆڵمـان بیـر دەخـاتەوە؛ هەر بەم هۆکـارەیە، ئەم مۆڵکیـولانە هەنـدێک جـار پێیـان دەگوترێت تۆپەکـانی بەکـی (Buckyballs). لە سـاڵی ١٩٩٩، گروپێـک لە زانایـان کە لە *ڤییەنـا* کاریـان دەکـرد و لە لایەن **ئـانتۆن زیلینگە**رەوە سەرپەرشـتی دەکـران، تاقیکردنەوەیەکیـان ئەنجـام دا کە لەودا تـۆپە بەکییەکـــانی بەرهەمهـــاتوو لە کـــوورەیەکی گەرمەوە دانە بە دانە دەکەوتـن لە تـۆڕێکی کـۆکەرەوە کە ژمـارەیەکی زۆر شـەبەقی لەخـۆ گرتبـوو (ژمـارەی کەلەبەرەکـان زۆر زیـاتر بـوو لە دووەکەی کە لە بەشی یەکەمدا باسمان لێوە کرد، بەڵام پرەنسیپ ڕێـک هەمـان شتە) گـورزە دەرچـووەکە دەرخـرا و دەرکەوت شـێوازێکی بەیەکـداچوون دروسـت بـوو، کە ڕێـک دەری دەخسـت گـورزە دەرچووەکـان تایبەتمەندیی شەپۆلییان هەیە، هەر بۆیە ناکرێت بگوترێت تەنۆلکەکانن لە کەلەبەرێکی تایبەتەوە تێپەڕیون و هـیچ داڕمـانێکی خۆبەخۆ ڕووی نەدا. ژمارەیەک هۆکار هەیە کە بۆچی قورسـە وەهـا تـاقیکردنەوەیەک

بە مۆلکیول لەبری فۆتۆن ئەنجام بدرێت. یەکەم، مۆلکیولی بارستایی گەورە واتـــای ئەوەیە تەوژمەکەی زۆر گەورەیە، تەنـــانەت ئەگەر بە هێوایشیش بجوولێت، کە وا بوو درێژەشەپۆلی دوبرۆی پەیوەندیدار زۆر بچووک دەبێت (نزیکەی یەک لەسەر ملیاردەمی مەترێک لە ئێستادا). دووەم. C_{60} مۆلکیولی زۆر گەورەیە لە پلەی گەرمیی زۆر بەرزدا، هەر بۆیە بەشە ئەتۆمییەکانی لە جوولەیەکی بەردەوامدان و ئەمە پێویستییەکی زاتییە کە ئەم جوولانە بە ڕادەی پێویست هێواش هەن، کە دۆخی مۆلکیولەکە بە شێوەی خەیاڵی نەگۆڕن و بەیەکداچوونیش بکەن، واتا دۆخەکەی بە هاوبار (Coherent)ی دەمێنێتەوە. هەر پرۆسەیەک لە پرەنسیپدا ئەو هەلە بڕەخسێنێت تێپەڕینی مۆلکیول لە کەلەبەرەوە دیاری بکرێت، ئەم هاوبارییە تێک دەدات. لە ڕاستیدا دەخەملێندرێت ٢ یان ٣ فۆتۆنی ژێرسوور لە کاتی تێپەڕبوون لەم ئامێرەوە دەربچێت. بە هەرحاڵ، درێژەشەپۆلی ئەم تیشکدانەوەیە زۆر گەورەترە لە مەودای دووریی نێوان کەلەبەرە دراوسێکان، کە واتای ئەوەیە ئەوان هیچ زانیارییەک لەسەر ئەوەی مۆلکیولەکە لە کام کەلەبەرەوە نادەن بە دەستەوە، هەر بۆیە هاوباری بە شێوەی زاتی دەپارێزرێت. هەموو ئەم فاکتەرانە چاوەڕوان دەکرێت، کاتێک تەنە گەورەترەکان لێکۆڵینەوەیان لەسەر دەکرێت، گرنگتر بن.

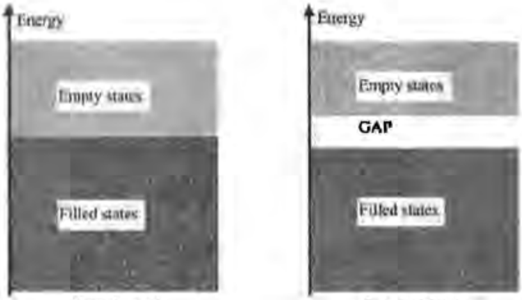
دەکرێت بگەین بەو ئەنجامەی کە بینینینی سەرکەوتوانەی هاوباری کوانتەمی لەم بارەدا واتای ئەوەیە تەنێک کە هەڵگری ١٠٠ ئەتۆمە کە دەیان جار لە هەر تاقیکردنەوەیەکی پێشووتر گەورەترە. بە هەرحاڵ، تۆپێکی بەکی زەحمەتە تەنێکی ماکرۆسکۆپی بێت (بەراوردی بەکە بە دانەیەکی لم کە هەڵگری 10^{12} ئەتۆمە) و تیۆری GRW پێشبینی دەکات کە ئێمە ١٠٠ ساڵ دەبێت چاوەڕێ بین تا دارمانێکی دۆخی تۆپێکی بەکی ببینین. لانیکەم دەیان جار گەورەترمان پێویستە تا هەر ئەنجامێکمان لەسەر دارمانی خۆبەخۆی تەنە ماکرۆسکۆپییەکان دەستکەوێت.

بەرزەگەیەنەری

لەوە دەچێت کۆمەڵێک دیاردە هەبن کە کاریگەریی کوانتەمی لە جیهانی ماکرۆسکۆپیدا پیشان بدەن، ئەم دیاردانە ناسراون بە بەرزەگەیەنەری (Superconductivity) و بەرزەشلگازی (Superfluidity)، هەردووکیان پەیوەندییان بە ڕەفتاری مادە لە پلەی گەرمیی زۆر نزمدا هەیە. بەرزەگەیەنەر بەرگرییەکەی بۆ تەزووی کارەبایی سفرە، بۆیە ئەگەر تەزوویەک لە زنجیرەیەکی وایەری بەرزەگەیەنەردا دروست بکرێت، تەنانەت ئەگەر هیچ پاترییەک یان سەرچاوەیەکی ماتەوزە بۆ دابینکردنی وزە لەئارادا نەبێت، بۆ هەمیشە تەزووکە دەمێنێتەوە و لەناو ناچێت. بە هاوشێوەیی بەرزەشلگاز شلەیەکە کە لە لوولەکان و لەسەر ڕووبەرەکان بەبێ هیچ لێخشاندنێک درێژە بە ڕۆیشتنی خۆی دەدات. ژمارەیەکی زۆر کانزا لە پلەی گەرمیی بە ڕادەی پێویست نزم (چەند پلەیەک سەروو سفری ڕەها) تایبەتمەندیی بەرزەگەیەنەری لە خۆیان پیشان دەدەن، بەڵام تاکە بەرزەشلگازە ناسراوەکان بریتین لە دوو ئایزۆتۆپی هیلیۆمی ٤(^4He) و هیلیومی٣ (^3He): هیلیۆمی ٤ لە پلەی گەرمیی بە نزیکەیی ژێر ٢ پلەی کڵفن و هیلیۆمی ٣ لە پلەی گەرمیی ٠,١ پلەی کڵفن، تایبەتمەندیی بەرزەشلگازان هەیە، وردەکاریی تیۆری کوانتەمی بەرزەگەیەنەری و بەرزەشلگازی زۆر ئاڵۆزە، بەڵام هەردووکیان پەیوەندییان بە ڕەفتاری بەکۆمەڵی تایبەتمەندیی کوانتەمی ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکەوە هەیە. ئێستا ئێمە هەوڵ دەدەین ئەمە شی بکەینەوە.

بۆ تێگەیشتن لە بەرزەگەیەنەری، ئێمە دەبێت سەرەتا هەندێک شت دەربارەی گەیەنەری کارەبایی لە کانزای ئاسایی تێبگەین. تەزووی کارەبایی ئەلیکترۆنەکان هەڵیان گرتووە، کە دەتوانن سەربەستانە لە ناو کانزاکاندا بجووڵێن. بەرگری کاتێک دروست دەبێت کە ئەلیکترۆنەکان دەکەون لە بەربەستەکان (وەک ناخاوێنی (Impurity)

یان نوقسانی ناکانزاکان) و بە شێوەی هەڕەمەکی بەملا و لادا پەرش دەبنەوە و تەزوو کەم دەبێتەوە. لێکۆڵینەوە کراوە کە ئەم پرۆسەی بڵاوبوونەوەیە تەنیا کاتێک مومکین دەبێت کە ئەلیکترۆن لە دۆخی وزەیەکی تایبەتەوە بۆ دۆخێکی بەتاڵ بە هەمان وزەوە بچێت. دۆخەکانی وزە لە ناو کانزاکاندا شریتێکی بەردەوام دروست دەکەن، کە دەکرێت تا ئاستی دۆخە بەتاڵە سەرەوەکان پڕ بکرێتەوە (بڕوانە وێنەی ٧:٢). دەرکەوتووە تەنیا ئەو ئەلیکترۆنانەی کە وزەکەیان نزیک لەم بڕە زۆرترینە، دەکرێت بە هۆی بەربەستەکانەوە بڵاو ببنەوە. کلیلی بەرزەگەیەنەر بریتییە لەوەی کە لە هەندێک مادەدا ئەلیکترۆنەکان بەهێزێک بەرەو یەکتری ڕادەکێشرێن کە زیاترە لە لە هێزی کارۆوەستاوی نێوانیان (سروشتی ئەم هێزە ڕاکیشەرە دەگەڕێتەوە بۆ لاروگێڕیی ڕێکخستنی ئایۆنە بارگاوییەکان لە ناو مادەی ڕەقدا، بە هۆی بوونی ئەلیکترۆنە سەربەستەکانەوە) دەکرێت پیشان بدرێت کە کاریگەریی ئەم ڕاکێشانە شەبەق (Gap)ێک لە نێوان دۆخە بەتاڵ و پڕبووەکان دروستدەکات (وێنەی ٧:٢). ئێستا ئیتر دۆخی بەتاڵ بۆ ئەلیکترۆنەکان نییە تا بێنە ناوەوە تا بەهۆی بەربەستەکانەوە بڵاو ببنەوە و تەزووی کارەبایی بەبێ بەرگری درێژە بە جووڵەی خۆی دەدات. کاتێک پلەی گەرمی بەرز دەبێتەوە، شەبەقی وزە بچووک دەبێتەوە، لە سەروو پلەیەکی گەرمیی مۆلەقەوە کانزاکە بەرزەگەیەنەری خۆی لەدەست دەدات و دەبێتەوە بە گەیەنەری ئاسایی.



وێنەی ٢:٧: لە کانزایەکی ئاساییدا ئەلیکترۆنەکان شریتێکی وزە تا ئاستێکی زۆرینە پڕ دەکەنەوە. بەرگری لە هەمبەر تەزووی کارەبایی کاتێک دروست دەبێت کە ئەلیکترۆن لە نزیک بە لوتکەی شریتە پڕبووەکەوە بەرەو دۆخێکی بەتاڵ بە وزەی هاوشێوەوە بڵاو دەبێتەوە. لە بەرزەگەیەنەردا شەبەقێک لە نێوان دۆخە پڕ و بەتاڵەکان دەکرێتەوە و بڵاوبوونەوە نامومکین دەبێت و تەزوو بەبێ بەرگری بەردەوام دەبێت.

تا چەندین ساڵ لەوەوپێش پلەی گەرمیی مۆلەقەی کەمتر بوو لە ٣٠ پلەی سەدیی سەروو سفری ڕەها، بەڵام لە ساڵی ١٩٨٦ کۆمەڵەیەکی نوێ لە مادە، کە ناسراون بە بەرزەگەیەنەر لە پلەی بەرزدا، دۆزرانەوە، کە پلەی گەرمیی مۆلەقەییەکەیان نزیکەی ١٠٠ پلەی کلڤنە. ئەوەی گرنگە بۆ گەنگەشەکەی ئێمە، بریتییە لەوەی لە بەرزەگەیەنەردا نزیکەی 10^{20} ئەلیکترۆن یەک دۆخی کوانتەمییان هەیە کە هەموو پارچەکەی بەرزەگەیەنەرەکە دادەپۆشێت، کە بە شێوەی جۆری چەندین سانتیمەتر قەبارەکەیەتی. بینینە ئەزموونییەکانی تایبەتمەندییەکانی بەرزەگەیەنەر، بەکارهێنانی تیۆری کوانتەمی سەبارەت بەم سیستەمە کوانتەمییانە پشتڕاست دەکاتەوە و لەوانەیە وا بیر بکەینەوە کە ئەمە بەڵگە دەبێت بۆ غیابی دارمانی خۆبەخۆ و ئەمە کۆتایی بهێنێت بە پرسی پێوانی کوانتەمی.

به هەرحاڵ، تاقیکردنەوەی نزیکتر دەری دەخات کە زنجیرەکۆنی (loophole) فرەتەنۆلکەیی تەنیا بە هۆی بەرزەتەزوو (Supercurrents)ەکانەوە داناخرێت. هەرچەندە ئەمە پشتڕاستی بوونی دۆخەکوانتەمییەکان، کە لەودا ژمارەیەکی زۆر تەنۆلکە هاوبارن، دەکاتەوە، بەڵام تا ئەو جێگەیەی پەیوەندیی بە پرسی پێوانەوە هەیە، دەبێت پیشان بدرێت کە دوو دۆخی هاوشێوەی دۆخی سەرەوە بە شێوەی هاوبار و هاوشێوە بەو میتۆدەی کە بۆ لەرینەوەی هێماکە لە بەشی پیشوودا پێشنیاز کرا، ئاویتە دەبن. ئەم خاڵە چەند ساڵ لەوەوپێش لە لایەن فیزیایی تیۆری، **لیگیت** پێشنیاز کرا. ئەو پێشنیاز دەکات کە دەکرێت ئەم هەلە بە بەکارهێنانی ئامێرێکی بەرزەگەیەنەری تایبەتی لێکۆڵینەوەی لەسەر بکرێت. ژمارەیەکی زۆر گرووپی توێژینەوەی تیۆری و ئەزموونی سەرنجیان داوەتە ئەم پێشنیازە.

سەرەتا وای دابنێ تەزوویەک لە ئاڕاستەی سووڕانەوەی کاتژمێر لەسەر زنجیرەیەکی بەرزەگەیەنەر دەسووڕێتەوە، وەک لە وێنەی ٧:٣ (a)دا پیشان دراوە. چونکە ئەمە بەرزەگەیەنەرە، ئەم تەزووە بۆ هەمیشە درێژە بە سووڕانەوەی خۆی بەبێ بەرگری دەدات، مەگەر ئەوەی بشوێندرێت. بە هاوشێوەیی تەزوویەکی تر بە پێچەوانەی سووڕانەوەی کاتژمێر دەسووڕێتەوە، وەک وێنەی ٧:٣ (b). ئەنجامێکی گرنگی شیکارێکی وردەکارییانەی فیزیای کوانتەمی بۆ وەها سیستەمێکی بەرزەگەیەنەر بریتییە لەوەی ئەم تەزوانە دەکرێت تەنیا بڕی تایبەتی کوانتەمییان هەبێت (بڕی ئەم تەزووە کوانتەمییانە کە بە تەواوەتی لە ئەنجامی لێشاوی موگناتیسییەوەن لە وەها زنجیرەگەلێکدا هەمیشە ژمارەیەکە کەڕەتی h/٢e، لێرەدا h بریتییە لە نەگۆڕی کوانتەمی و e بریتییە لە بارگەی کارەبایی). ئەگەر ئەم دۆخانە بەراورد بکەین بە پەندۆڵی لەراوە، پرسیاری هاوباری کوانتەمی لە بەرامبەر دارمانی خۆبەخۆدا قوت دەبێتەوە: ئایا دەکرێت

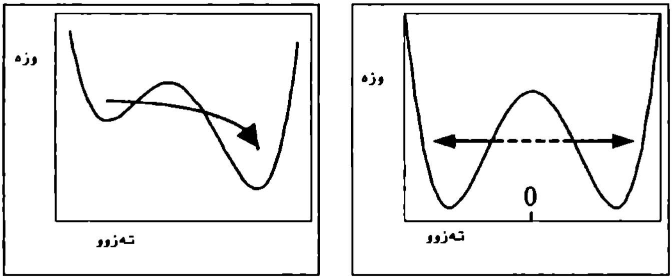
بەرزەگەیەنەر ببێت بە سەریەککەوتنی کوانتەمی وەها دۆخگەلێک؟ ئەگەر ئێمە بتوانین ئەمە ئەنجام بدەین و ئەگەر ئێمە بتوانین ببینین چۆن سیستەمێک بەپێی کات بەرەوپێشەوە دەچێت، بەپێی پرەنسیپ دەتوانین هەڵسەنگاندن بکەین کە ئەمە لە سەریەککەوتنێکی دۆخدا دەمێنێتەوە یان دارمانی خۆبەخۆی بەسەردا دێت.



وێنەی ٧:٣: زنجیرەیەکی بەرزەگەیەنەر دەکرێت وا دابنرێت لە دۆخێکدایە کە هەڵگری تەزوویەکە لە ئاراستەی سوورانەوەی کاتژمێردا (a) یان دژ بە سوورانەوەی کاتژمێر (b). ئەگەر بکرێت لە سەریەککەوتنی ئەم دوو دۆخەدا لەبەرچاو بگیردرێت، ئەوکات دارمان رەت دەکرێتەوە. زنجیرەیەک بە پەیوەندییەکی لاوازەوە لە (c)دا پیشان دراوە.

ئەمە زانراوە کە کاتێک تەزووی کارەبایی دەجووڵێت، جووڵەکەی بوارێکی موگناتیسیی لێ دەکەوێتەوە؛ لە باری جووڵەی تەزوو لەسەر زنجیرەیەک بواری بەرئەنجام هاوشێوەی مەگنەتیکە بە هەمان قەبارە و ڕوخسارەوە. هەر بەو شێوە ئەگەر بوارێکی مەگنەتیکی دەرەکی بخرێتە سەر زنجیرەیەکی بەرزەگەیەنەر، تەزوو لە ناویدا دروست دەبێت. ئەم تایبەتمەندییانە دەکرێت سوودی لێ ببینرێت بۆ دروستکردنی تەزوویەکی ئەندوکتانسی تایبەتی لە زنجیرەیەکی بەرزەگەیەنەر و پێوانی دۆخەکەی وەک نەخشەیەک لە کات. سەرەڕای ئەوە بۆ لێکۆڵینەوە لە ڕەفتاری کوانتەمی سیستەمێک، ئێمە ناچارین بە دروستکردنی بەستەرێکی لاواز، بەرزەگەیەنەرە زنجیرەکە

بگۆڕین. بەم دیدگایەوەیە زنجیرەکە زۆر تەنک دروست دەکرێت، کە بەرزەتەزوویەک تەنیا دەتوانێت لێوەی تێبپەڕێت؛ زنجیرەیەکی بەرزەگەیەنەر بەم تایبەتمەندییە ناسراوە بە ئامێری بەیەکداچوونی کوانتەمی بەرزەگەیەنەر (Superconducting Quantum Interference Device) یان بە کورتی SQUID (وێنەی ٧:٣). دەرکەوتووە لە SQUID دۆخەکانی ئاڕاستەی خولانەوەی کاتژمێر و پێچەوانەی ئاڕاستەی کاتژمێر دەکرێت بە لاوازی پێکەوە جووت ببن. تەزوویەکی سەریەککەوتووی سەرەتایی دەکرێت دروست بکرێت لە رێگەی بەکارهێنانی بوارگەلێکی موگناتیسی بە دروستی کۆنترۆڵکراو لەسەر SQUIDەکە و گۆڕانکارییەکەی بەپێی کات بە پێوانە دروستەکانی بواری موگناتیسیی پەیوەندیدار بە تەزووەکەوە چاودێری بکرێت. دوو جۆر تاقیکردنەوەی جیاواز بۆ لێکۆڵینەوە لە تایبەتمەندییە کوانتەمییەکان دەکرێت ئەنجام بدرێت، یەکەمیان ناسراوە بە تونێلیدانی کوانتەمی ماکرۆسکۆپی (Macroscopic Quantum Tunnelling)، ئەمە هەڵگری رێکخستنی زنجیرەکە لە دۆخێکی (تۆ بڵێی) تەزووی لە ئاڕاستەی کاتژمێر و بینینی ئەوەی ئەگەر باز بدات بۆ دۆخێکی دژ بە سووڕانەوەی کاتژمێر بە وزەی نزمترەوە (بڕوانە وێنەی ٧:٤ (a)). ئەگەر ئەمە ئەنجام بدرێت، دەکرێت وەک بەڵگە لێک بدرێتەوە بۆ تونێلیدان لە بەربەستێک کە دوو دۆخەکە لە یەکتری جیا دەکاتەوە. دووەم هەڵسەنگاندن (وێنەی ٧:٤ (b)) دانانی دوو سیستەمەکەیە لە سەریەککەوتنی دوو دۆخی تەزوو و بینینی ئەوەی ئەم دووە چۆن دەگۆڕێن. ئەمە ناسراوە بە هاوباریی ماکرسکۆپی کوانتەمی (Macroscopic Quantum Coherence).



(a) (b)

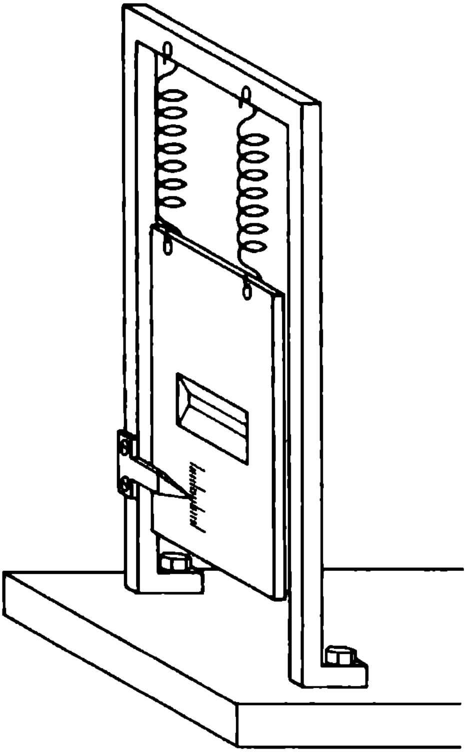
وێنەی ٤:٧: (a) لە تونێلێدانی کوانتەمیی ماکرۆسکۆپی، زنجیرەیەک بازدانێکی کوانتەمی لە چاڵێکی ماتەوزەوە بۆ چاڵێکی تر لە ڕێگەی لێدانی تونێل لەو بەربەستەی ئەوانی لە یەکتر جیا کردووەتەوە. (b) لە هاوباریی کوانتەمیی ماکرۆسکۆپیدا، دۆخی زنجیرەی بەرزەگەیەنەر بریتییە لە سەریەککەوتنی دوو دۆخ گرێدراون بە ئاڕاستە دژ بە یەکەکانی ئاڕاستەی تەزووەوە. هەردوو پرۆسەکە بە هۆی دارمانی خۆبەخۆوە تێک دەچن ئەگەر ڕوو بدات.

هەرچەندە وەک لە سەرەوە باس کرا، تەنیا دووەم تاقیکردنەوە دەکرێت ڕاستەوخۆ هەڵسەنگاندن بۆ دارمانی خۆبەخۆ بکات، زۆرترینی کارە سەرەتاییەکان ئەم بوارە تاقیکردنەوەن لەسەر تونێلێدانی کوانتەمی (Quantum Tunneling). هۆکارەکەی بریتییە لەوەی تاقیکردنەوەی هەڵسەنگاندنی هاوباریی کوانتەمی بە شێوەی تەکنیکی لەڕادەبەدەر قورسە. بە هەرحاڵ، ئەگەر تیۆری هەڵگری تونێلێدانی کوانتەمی نزیک بێت لە هاوباریی ماکرۆسکۆپی، لەوە دەچێت لا بدات، ئەگەر دارمانی کوانتەمی بۆ چوارچوێوەکانی دواتر سنووردار بکرێت. لەگەڵ ئەوەشدا، ئیمکانی دارمانی خۆبەخۆ، بەبێ شرۆڤەیەکی ڕوونی هاوباریی کوانتەمی ماکرۆسکۆپییەوە، ناکرێت بە دڵنیاییەوە چاوپۆشی لێ بکرێت.

لە کرداردا، تاقیکردنەوەکان زۆر قورسن ئەنجام بدرێن. لە هەردوو بارەکەدا، پرسەکانی کۆنترۆڵی توندی بەستەرە لاوازەکە بۆ دڵنیابوون

لەوەی بەرزییەکەی دروستە: ئەگەر زۆر بەرز بێت بە شێوەی خەیاڵی تونێللێدان مەحاڵ دەبێت، ئەگەریش زۆر بچووک بێت دۆخە جیاوازەکانی وزە بە ڕوونی دیاری ناکرێن. سەرەڕای ئەوە دەبێت تاقیکردنەوەکە زۆر بە وردی لە پشێوییە دەرەکییەکان (نویز) پارێزراو بێت، کە لەوانەیە لاسایی ئەو کاریگەرییە چاوەڕوانکراوانەی دارمانی خۆبەخۆ بکەنەوە. بە هەرحاڵ، ئەم کێشانە بە بەکارهێنانی زیرەکی لە تاقیکردنەوەکاندا دەکرێت زاڵ ببین بەسەریدا. تاقیکردنەوەکانی تونێللێدانی کوانتەمی ماکرۆسکۆپی لە ناوەڕاستی ١٩٨٠کاندا ئەنجام درا، لە کاتێکدا هاوباری کوانتەمی لە سالانی کۆتایی ١٩٩٠ەکاندا لێکۆڵینەوەی لەسەر کرا و بینرا. هەموو تاقیکردنەوە ئەنجامدراوەکان تا ئێستا پشتڕاستی فیزیای کوانتەم دەکەنەوە و هیچ بەڵگەیەکیان بۆ دارمانی خۆبەخۆ نەداوە بەدەستەوە. بەرزەگەیەنەری پشتڕاستی هاوباریی کوانتەمی بۆ سیستەمێکی هەڵگری 10^{20} تەنۆلکە کردووەتەوە، ئایا ئەمە بە واتای ئەوەیە تیۆری GRW فەشەلی هێناوە؟ لێکۆڵینەوەکان دەڵێن بە تەواوەتی نا. هەرچەندە دۆخەکانی هەڵگری تەزوو لە بەرزەگەیەنەرێکدا ماکرۆسکۆپین و دەکرێت لە سەریەککەوتنێکدا بن، ئەوان ناوچە فەزاییەکەیان جیاواز نییە. پەرەپێدراوێکی ژیرانەی تیۆری GRW پێشبینی دەکات کە SQUID دەبێت بە شێوەی خۆبەخۆ برووخێت بۆ دۆخێکی تەزووی دیاریکراو، بەڵام لەوانەیە لە ڕاستیدا مۆدێلەکە تەنیا بۆ تەنێکی هاوشێوەی هێمایەک بەکار بهێنرێت کە لە سەریەککەوتنی ئەو دۆخانەدایە کە لە فەزادا لە یەکتری جیاوازن. ئێمە دەگەین بەو ئەنجامەی کە لە ئێستادا بەڵگە تاقیگەییەکان لە بەرژەوەندیی سەریەککەوتنی کوانتەمی دۆخە جیاوازە ماکرۆسکۆپییەکانە، بەڵام ئەمە بە تەواوەتی ئیمکانی دارمانی خۆبەخۆ وەک چارەسەر بۆ پرسی پێوانی کوانتەمی پووچەڵ ناکاتەوە.

هۆکـــارێکی تــریش هەیە کە بــۆچی دارمـــانی تیـــۆری کـــوانتەمی لە بارودۆخی ماکرۆسکۆپی لەوانەیە نـامومکین بێت. هۆکـارەکەی ئەوەیە ئەگەر تەنــی ماکرۆســکۆپی بە تەواوەتــی ڕەفتــاری کلاســیکی بێــت، نـاکەوێتە چوارچێـوەی پرەنسـیپی نادڵنیـایی **هـایزەنبێرگ**ەوە (بـڕوانە بەشی یەکەم)، دەکرێت شوێن و تەوژم هاوکـات و بە وردی بپێورێت. واتە دەکرێت پێوان لەسەر تەنی مایکرۆسکۆپی ئەنجام بدرێت کە زۆر وردتـرە لەوەی فیزیـای کوانتەمی ڕێـگەی پـێ دەدات. بـۆ تێگەیشـتنی زیـاتر لەم بـابەتە دەگەڕێینەوە بۆ تـاقیکردنەوەیەکی زیهنـی کە **بۆر** و **ئاینشـــتاین** لە کـــاتی گەنگەشـــە دووروودرێژەکانیـــان ســـەبارەت بە سروشتی تیۆری کوانتەمی هێناویانەتە ئاراوە (بڕوانە بەشی چوارەم). ئەوان گەنگەشـــەیان لەســـەر جـــۆرێکی ئـــامێرەی ســـتاندەری دووکەلەبەریـی بەیەکـداچوون بـوو، کە لەبەشـی یەکەمـدا قسـەمان لەســـەری کـــرد (وێـــنەی ١:٢)، کە لەودا کەلەبەری یەکەم لەســـەر سپرنگێکی ئێجگار زۆر سووک وەک وێنەی ٧:٥ دانراوە. ئامـانجی ئەم کەلەبەری یەکەم بـریتییە لە دیـاریکردنی خـاڵی دەسـتپێکی گـورزەی ڕووناکی و سـەرنجدان بەم خـاڵە گرنگە، کە ئەگەر ئەم کەلەبەرە زۆر گەورە بێـت جیـاوازیی ڕێچـکەی نێـوان ئەو شـەپۆلانەی کە لە بەشـە جیاوازەکانەوە تێپەڕ دەبن، لەوانەیە گەورەتر ببێت لە درێژەشـەپۆل و لە ئەنجامـدا شـێوەی بەیەکداچوونەکە نەمێنێت. ئاینشـتایین پێشـنیازی کـــرد کە ئەگەر کەلەبەرەی پەردەی یەکەم فۆتـــۆنەکە بەرەو پەردەی دووەم لا بدات، پەرەدەی یەکەم بەرەو خوارەوە پاشەکشێ دەکـات، لە کاتێکـدا ئەگەر فۆتـۆنەکە بەرەو خـوارەوە لا بـدات پـێچەوانەکەی ڕوو دەدات.



وێنەی ٧:٥: یەکێک لەو وێنە هێڵکارییانەی کە لە لایەن **ئاینشتایین و بۆرەوە** بۆ ڕوونکردنەوەی گەنگەشەکانیان لەسەر فیزیای کوانتەمی بەکار هێنرا. ئەگەر لەم ئامێرە وەک کەلەبەری یەکەم بۆ تاقیکردنەوەی دووکەلەبەری سوود ببینرێت (وێنەی ١:٢)، ئەوکات دەکرێت لانیکەم بەپێی پرەنسیپ ڕێچکەی فۆتۆنەکە لە ئاراستەی پاشەکشێی کەلەبەرەکە کە هێماکە دیاری دەکات بدۆزرێتەوە. بۆر سەلماندی بەو مەرجەی کەلەبەرەکە ملکەچی یاساکانی فیزیای کوانتەم بێت، وەها پێوانێک شێوە بەیەکداچوونەکە دەسڕێتەوە.

کە وا بوو بە پێوانی ئەم پاشەکشێیە لە پرەنسیپدا دەکرێت بگوترێت فۆتۆن لەکام کەلەبەرەوە تێپەڕیوە. بەڵام **بۆر** ئەمەی لێ زیاد دەکات کە هەر تاقیکردنەوەیەکی وەک ئەمە هاوتای پێوانی خێرایی و لە ئەنجامدا تەوژمی گەڕاوە بۆ پاشەوەیە و ئەگەر ئەمە بە تەنێکی کوانتەمی دابنێن پرەنسیپی نادڵنیایی **هایزەنبێرگ**، نادڵنیایی دەخاتە سەر شوێنی پەردەکە. لە ئەنجامدا پانبوونەوەی کاریگەری کەلەبەری یەکەم بە ڕادەیەک گەورە دەبێت کە شێوەی بەیەکداچوونەکە نامێنێت. بەم شێوە دوو سروشتی شەپۆل-تەنۆلکە پارێزارو دەبێت.

هەڵبەت ئەم تاقیکردنەوە، تاقیکردنەوەیەکی زیهنی بوو کە بە تەواوەتی ناممکینە لە کرداردا بکرێت، بەڵام دەکرێت بگەین بەو ئەنجامەی کە پرەنسیپی قسەلەسەرکراو دەکرێت بە تاقیکردنەوەی ناجێگیری شلگازی ناو SQUIDەکان تاقیب کرێتەوە. بە هەرحاڵ، ئەگەر تەنە ماکرۆسکۆپییەکانی وەک SQUIDیەکان یان شاشەکانی هەڵگری کەلەبەرەکان بابەتی فیزیای کوانتەمی نەبن و بکرێت لە هەموو کاتێکدا بە ڕاستی شوێن و تەوژم بە وردی بپێورێت، ئیتر ئارگیومێنتەکەی **بۆر** ڕاست نابێت. ئیمکانی پێوانی هاوکاتی تایبەتمەندییە نەگونجاوەکانی وەک جەمسەرگیرییەکانی فۆتۆنی H/V و ∓٤٥° (بۆ نموونە بینینی پاشەکشێی کریستاڵی کلسیت لە وێنەی ٢:٤) کە وا بوو کراوە دەبێت، هەروەها ئیمکانی پێوان لەسەر جووتفۆتۆن لە تاقیکردنەوەیەکی **ئاسپێکت** لەئارادا دەبێت. ئەم پێوانانەی دواتر ناچارە بابەتی سەلمێندراوی **بێل** بێت، هەر بۆیە ئەنجامگەلێکی دەبێت کە جیاوازە لە میتۆدە ئاسابییەکان.

هەر کە کەلەبەرێکی لەو شێوە لە پێوانی کوانتەمیدا دروست ببێت، هەموو تیۆرییەکە دەکەوێتە مەترسیی داڕمانەوە، و تیۆرییەک بتوانێت پرسی پێوان چارەسەر بکات ناچارە دوور بکەوێتەوە لە پێشێلکردنی پرەنسیپی نادڵنیایی. تیۆری GRW لەم پرسە خۆی بەدوور دەگرێت، بەو گریمانەبابەتەی کە داڕمان هەرگیز لە شوێنێکی ورددا ڕوو نادات،

بەڵکو لە قەبارەیەکی دوورابیەکاندا ڕوو دەدات کە زۆر بچووکترە لە جیاوازیی نێوان دۆخەکانی هێما ناجێگیرەکان و هێشتا هێندەش گەورە هەیە کە پرەنسیپی نادڵنیایی پێشێل نەکات. هەڵبەت ئەمە تیۆرییەکە ئاڵۆز دەکات و هەندێک لە جوانییەکانی لە کیس دەچێت. لە هەر حاڵدا تا ئەو کاتەی بەڵگەی ئەزموونی بۆ پشتگیری لە پرەنسیپی دارمانی خۆبەخۆ لە بەردەستدا نەبێت، زۆرترینی زانایان بڕوایان وا دەبێت کە وەها چارەسەرێک بۆ پرسی پێوان زۆر ناموحتەمیلە.

بەشی هەشتەم
بۆ پێشەوە یان پاشەوە؟

لە بەشی پێشوو، ئێمە باسی هەڵێکمان کرد، کە تەنێکی وەک هێماکەی ئامێرێکی دیزایینکراو بۆ پێوانی جەمسەرگیریی H/V (بڕوانە وێنەی ٧:١) ئەگەر بە ڕادەی پێویست گەورە بێت لەوانەیە لە پرەنسیپدا سەریەککەوتنی کوانتەمی ڕێگەپێدراو نەبێت. سیستەمێکی مایکرۆسکۆپی وەک فۆتۆنێکی جەمسەرگیراوی ٤٥° بەگوێرەی ئاسۆیی، دەکرێت لە ئەنجامی پێوانێکدا دابڕمێت بۆ یەکێک لە دۆخەکانی h یان v. بۆ هەڵسەنگاندنی ئەم ئایدیایە، ئێمە باسمان کرد چۆن دەکرێت هەست بە تەنێکی ماکرۆسکۆپی لە سەریەککەوتنێکدا بکرێت و تێگەیشتین لەمە چەند قورسە ئەنجام بدرێت. هێما لەرەلەرکەرەکەی وێنەی ٧:١ سەبارەت بە پشێویی گەرمایی هەرەمەکی زۆر هەستیارە و لە ئەنجامدا، لەبری ئەوەی لە سەریەککەوتنی دوو دۆخەکەدا بمێنێتەوە بە دڵنیاییەوە ڕوو دەکاتە ئەم ئاڕاستە یان ئەوی تریان. سەریەککەوتنی ماکرۆسکۆپی، تەنیا دوای ئەوەی کاریگەرییە گەرماییەکان سڕدرایەوە بە ڕاستی دەکرێت لە SQUIDەکاندا ببینرێت.

هەر لە چوارچێوەی بەشی پێشوودا، هەرەمەکییەتی پەیوەندیدار بە جووڵەی گەرمایی وەک پشێوی لەبەرچاو دەگیردرێت و دەبێت

نەمێنێت، بەڵام ئایا ئەمە ئەوەیە ئێمە بەدوایدا دەگەڕێین؟ لەوانەیە کاریگەریی گەرمایی ئەوە نەبێت بەر بە ئێمە بگرێت بۆ ئەوەی سەریەککەوتنی کوانتەمی ببینین، بەڵام لانیکەم لە پرەنسیپدا تا ئەوکاتەی پشێوییە گەرماییەکان هەبن مومکین نییە ببینرێت. ئەمە لەوانەیە ڕێگەیەکی تر بۆ دەربازبوون لە پرسی پێوان بکاتەوە. ئەگەر ئێمە ئەم دیدگایە بە شێوەی گونجاندن بپەژرێنین، دەبێت ئەو توانایەمان هەبێت جیاوازی بکەین لە نێوان پرۆسەی کوانتەمی پەتی و پێوانەکان، بەبێ ئەوەی بە ڕاستەوخۆیی بگەڕێینەوە بۆ قەبارە یان ژمارەی تەنۆلکەکان لە ناو سیستمێکدا. بەم شێوە هێماکەی لەرەلەرکەرە ئایدیاڵەکە، یان سەریەککەوتنی تەزووەکان لە SQUIDدا، دەبێت وەک فۆتۆنی ٤٥° کاتێک لە ئامێری H/Vوە تێپەڕ دەبێت حیسابی بۆ بکرێت. هەموو ئەم سیستەمانە دەکرێت وا دابنرێن کە لە دۆخی سەریەککەوتندان تا ئەو کاتەی جووڵەی گەرمایی هەڕەمەکی لەخۆ دەگرێت، دوای ئەوە دادەڕمێت بۆ دۆخێک کە گرێدراوە بەم یان ئەو پێشهاتی مومکین کە ڕوو دەدات. ئەم نزیکبوونەوەیە بۆ پرسی پێوان بابەتی ئەم بەشە و دوو بەشی دواترە.

پێش ئەوەی زۆرتر قسە بکەین، جیاوازیی نێوان لە پرەنسیپدا (In Principle) و لە کرداردا (In Practice) بۆ پرسی پێوان بە بیری خۆمان دەهێنینەوە. تا ئەو جێگەیەی ڕامان لە ئەنجامە کردەکییەکاندا هەیە، گریمانەی ئەوەی کە پێوان هەمیشە گرێدراوە بە گۆڕانی نەشیاو بۆ پێچەوانەبوونەوە، چارەسەرێکی بێهەڵەی جوانە. بەم شێوەیە، هەر وەک چۆن لە بەشی حەوتەمدا ئاماژەی پێ درا، فیزیاییەکان لە کرداردا لێکدانەوەی کۆپنهاگن بەکار دەهێنن، کە بە باشی ناسراوە، کاتێک پێوانێک ئەنجام دەدرێت جیاوازیی هەیە لە نێوان سیستەمی کوانتەمی و ئامێرەکانی پێوان. بە کورتی وەک دەبینین ئەم جیاوازییە بە کردەوە هەمانە لە نێوان دۆخێکدا کە

سیستەمە کوانتەمییەکە دابڕێنراوە لە پشێویی دەرەکی و ئەوەی کە کاریگەریی گەرمایی گرنگە و دەبێت بە هۆی گۆڕانی نەشیاو بۆ پێچەوانەکردنەوە. یەکەم پرسیار کە دێتە ئاراوە، بریتییە لەوەی لە چی بارودۆخێکدا بە ڕاستی گۆڕانەکە نەشیاو بۆ گەڕانەوەیە و جیاوازە لەو پڕۆسەی دەکرێت بگەڕێتەوە ئەگەر بە ڕادەی پێویست هەوڵی لەگەڵ بدرێت.

بە هەرحاڵ، پرسیاری دووەم دێتە ئاراوە: ئەگەر ئێمە بیپەژرێنین ئایدیای نەشیاو بۆ گەڕانەوە هەر ئەوەیە کە ناوەکەی دەری دەبڕێت، چۆن دەکرێت ئەمە بۆ چارەسەری پرسی پێوان بەکار بهێنرێت؟ وەک لەبەشی چوارەمدا باسمان کرد، کاتێک ڕێسا ستاندەردەکانی فیزیای کوانتەمی بۆ ئامێرێکی پێوانی جەمسەرگیریی H/Vفۆتۆنێکی ٤٥° بەکار دەهێنرێت، دۆخی پێشبینیکراو بریتی دەبێت لە سەریەکەوتنی پێشهاتەکانی H و V. تەنانەت توانای نەگەڕانەوەش تەواو بێت، ئەم سەریەککەوتنە تەنانەت لە پرەنسیپدا ناکرێت هەرگیز ببینرێت، ئەنجامگیریی سەرەوە ئۆتۆماتیکی بە درۆ ناخرێتەوە. ئێمە دەکرێت بە سەلامەتی وای دابنێین دارمان بۆ H یان V ڕووی داوە بەبێ ئەوەی ترسمان لە کێشەکانی دواتر هەبێت، بەڵام ئەم پڕۆسەیە هێشتا دەبێت بە دەست ئەنجام بدرێت و ئەگەر ئێمە ئەمە ئەنجام نەدەین بە شێوەی زاتی گەڕاوینەتەوە بۆ فرەجیهانی. ئەگەر تیۆرییەکە پێشبینیی دارمان دەکات، کە وا بوو ناچارە هەڵگری میکانیزمێک بێت بۆ ئەم ڕووداوە، بۆیە ئەم یان ئەو پێشهاتی پێوان هەقیقی دەبێت. ئێمە لە بەشی دەیەمدا بۆ پرسیاری هەقیقەتبوون دەگەڕێینەوە، بەڵام بۆ ساتێک چڕ دەبینەوە لەسەر یەکەم پرسیار، کە بریتییە لە سروشتی شیاو بۆ نەگەڕانەوە و مەرجەکان، کە ئەم ناوە هەڵگریەتی.

ڕێگەیەکی تر بۆ جەختکردنەوە لەسەر نەشیاو بۆ گەڕانەوە، بریتییە لەوەی وەبیرتـان بهێنینـەوە کە لایەنێکـی گرنگـی هەر پێـوانێکی ڕاستەقینە بریتییە لەوەی پێشینەیەک بمێنێتەوە. دیارە لێرەدا مەبەست ئەوە نییە ئەنجامەکان لە پەڕاوێکدا بنووسرێت یان تەنانەت ئامێرێک ببسترێتەوە بە کۆمپیوترێکەوە کە هەڵگری یادەوەرییە (هەرچەندە ئەم پرۆسـانە بـۆ خۆیـان هەڵگـری تۆمـارکردنن) بەڵام بە هـۆی ئەوەی ئەنجـامی پێوان بڕێکـی تـایبەتی هەیە، شـتێک لە شـوێنێکی گەردووندا جیاواز دەبێت. هەر بۆیە فۆتۆنێک کە لە هەستەوەرێکەوە تێدەپەڕێت، تێپەڕبـوونی تەزوویەک فەراهەم دەکـات، کە دەکرێـت گڵۆپێـک دابگیرسێنێت. یان بژێرەیەک کلیک بکات یان هێمایەک بۆ شـوێنێکی نـوێ بگـوازێتەوە. بەڵام ئەگەر تەنـانەت ئەوەش ڕوو نەدات، تێپەڕبـوونی تەزوو لە هەسـتەوەرەوە لە هەوای دەوروبەردا گەرمایەکی بچووک دروست دەکات و لە ئەنجامدا جووڵەکەی لەگەڵ بارێکدا کە تەزوو لەئارادا نەبێت، جیاواز دەبێت. هەر گۆڕانێک وەک گۆڕانی سـەرەوە، تەنـانەت ئەگەر هێندە بچووک بێت، کە بەکردەوە نەکرێـت دەربخرێـت، نیشـانەیەکی بچـووک لە دوای خـۆی بەجـێ دەهێڵێت.

بە پێچەوانەوەوە، پرۆسـەیەکی کـوانتەمی کە هەڵگری هـیچ کارلێکێک لەگەڵ دەوروبەریـدا نیـیە، هـیچ تۆمارێـک لە ڕوودانـی ڕووداوێـک لە دوای خۆی بەجێ ناهێڵێت. کاتێک کە فۆتـۆنێکی جەمسـەرگیراوی ٤٥° لە کەناڵێکی جەمسەرگیریی H/Vوە تێپەڕ دەبێت، بەڵام دواتر وەک لە وێنەی ٤،٢دا پیشان دراوە، دۆخی سەرچاوەیی خۆی بۆ دەگەڕێتەوە، بە نزیکەیی بەپێی پێناسە هیچ نیشانەیەک ئاماژە بەوەی لە کام کەناڵی H/Vوە تێپەڕیوە لە دوای خۆی بەجێ ناهێڵێت. بە هەرحـاڵ، بە هـۆی بوونی هەستەوەرەوە دۆخـی ٤٥° دەکرێت دروست کرێتەوە، ئەویش تەنیا کاتێک، پێشینەکەی بە گەڕاندنەوەی ژمێرەر یان هەر شـتێکی تـر

کە کارلێکی لەگەڵدا کردووە بۆ دۆخە سەرچاوەییەکان، بسڕدرێتەوە. بۆ چارەسەری پرسی پێوان تەنیا بەسە بیپەژرێنین کە وەها پرۆسەیەک نامومکینە و ناکرێت ئەو پێشینانەی کە بە هۆی ئامێرەکانی پێوانەوە دروست دەبن بسڕدرێتەوە. لەوە ناچێت ئەمە گریمانەبابەتێکی زۆر توندڕەوانە بێت، بەتایبەتی بینیمان کە ئەگەری گەڕاندنەوەی هەموو تەنۆلکەکانی هەستەوەر و ناوەندی دەوروبەر بۆ دۆخی سەرەتایی لەڕادەبەدەر لاوازە. بە هەرحاڵ، لە نێوان پرۆسە کوانتەمییەکان کە توانای گەڕانەوەیان بۆ دۆخی سەرەتایی بە تەواوەتی پارێزراوە و پرۆسەکانی پێوان کە لەواندا پێشینە تۆمار دەکرێت و توانای سەرەوەیان تێدا نییە، دەبێت جیاوازییەکی بەرچاو بکەین.

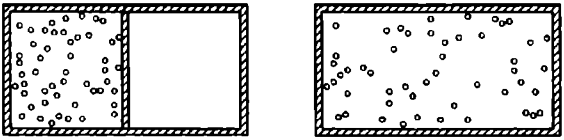
نەشیاو بۆ گەڕانەوە

لە بەشی پێشوودا لە گەنگەشەکانمان لەسەر هێمای لەراوە بینیمان کە جووڵەی هەڕەمەکی گەرمایی ئەتۆمەکانە بە کردەوە ناهێڵێت دوو جووڵەی پەندۆلی یەکتری بسڕنەوە، هەروەها بینیمان کە پرۆسەگەلێکی هاوشێوە، وەک سەریەککەوتنی دۆخەکانی تەزووی بەرزەگەیەنەر لە SQUIDەکان، زۆر قورسە ببینرێت. ئەمە پێمان دەڵێت ئێمە دەبێت تەماشای لقەکەی فیزیا بکەین کە سەروکاری لەگەڵ ئەم دیاردە گەرمایانەدا هەیە، بۆ ئەوەی لە جیاوازیی نێوان پرۆسەکان کە لەواندا پێشینە تۆمار دەکرێت و ئەوانەی بە تەواوەتی شیاو بۆ گەڕانەوەیە و هیچ پێشینییەک نامێنێتەوە، تێبگەین. ئەم لقەی فیزیا پێی دەگوترێت سێرمۆداینامیک و لە ڕاستیدا ئەمە جیاوازی لە نێوان ئەو پرۆسانەی پێیان دەگوترێت شیاو بۆ گەڕانەوە و شیاو بۆ نەگەڕانەوە دەردەخات. ئەم خاڵە لەگەڵ ئەو شتەی پێی دەگوترێت یاسای دووەمی سێرمۆداینامیک گونجێندراوە، یاسایەک کە لە هەر یاسایەکی تری فیزیا ناسراوترە و سنۆ لە گوتارە بەناوبانگەکەی لە ژێر ناونیشانی *دوو کلتوورەکە* دەڵێت: "هەندێک تێگەیشتن لێی بۆ

هەر نازانستكارێک، کە دەیەوێت زانیارییەکی ژیرانەی لەسەر کلتووری زانستی هەبێت، پێویستە."

ڕێگەی جواجۆر بۆ دەربڕینی یاسای دووەم هەیە، لە دەربڕینی "ئەنترۆپی گەردوون هەمیشە ڕوو لە زیادبوونە" تا "لە هیچەوە هیچ بەرهەم دێت". بەڵام بۆ ئامانجەکەی ئێمە، دەربڕینی "هەموو سیستەمێکی دابڕاو بەرەو دۆخێک بە ناڕیکۆپێکیی زیاترەوە دەچێت" لەوانەیە باشتر ئایدیا بنەڕەتییەکە شرۆڤە بکات. بۆ نموونە بڕێک گاز لە ناو قاپێکدا کە لە ناوەڕاستەکەیدا تیغەیەک هەیە بێنە بەرچاوی خۆت (وێنەی ٨:١)، لە سەرەتادا وای دابنێن هەموو گازەکە لە لایەکی تیغەکەدا بێت (دەکرێت ئەم کارە بە بەتاڵکردنەوەی گاز لە لایەکەوە بۆ لاکەی تر ئەنجام بدرێت). ئێستا ئەگەر تیغەکە لا ببرێت چی ڕوو دەدات؟ بە ڕوونی هەموو گازەکە بە خێرایی بڵاو دەبێتەوە و بە شێوەی چوونیەک قاپەکە پڕ دەکاتەوە و ئەگەر هەر وا لێی بگەڕێین، هەرگیز چاوەڕوان نابین جارێکی تر گازەکە لە یەک لادا کۆ ببێتەوە. چونکە مۆلکیولەکان لە هەموو قاپەکەدا، لە چاو نیوەی قاپەکە، فەزایەکی زیاتریان بۆ جووڵە هەیە، کە وا بوو بێنەزمتر دەبن، هەر بۆیە یاسای دووەم ئەمەی پێ باشترە. نموونەیەکی تر، توانەوەی پارچەیەک سەهۆڵ لە ناو ئاوی گەرمدایە: مۆلکیولەکان لە ناو شلەکاندا لە چاو ئەو بێنەزمی و ناڕێکوپێکییەکەی لە ناو کریستاڵی سەهۆڵدا هەیانە سەربەستترن و هەر بۆیە ئارەزووی زیاتریان بەرەو بێنەزمی هەیە. هەر بۆیە گۆڕانی سەرەوە بەگوێرەی یاسای دووەم ڕێگەپێدراوە، لە کاتێکدا دروستبوونی پارچەیەک سەهۆڵ لە ئاوی گەرمدا نامومکینە و هەڵبەت هەرگیزیش نابینرێت.

چونکە پرۆسەگەلێکی وەک ئەوانەی سەرەوە بە ڕوونی تەنیا لە یەک ئاڕاستەدا ڕوو دەدەن، پێیان دەگوترێت پرۆسەی نەشیاو بۆ گەڕانەوە (Irreversible). لە لایەکی ترەوە پرۆسەی شیاو بۆ گەڕانەوە (Reversible) ئەوانەن کە لە هەردوو ئاڕاستەکدا ڕوو دەدەن.



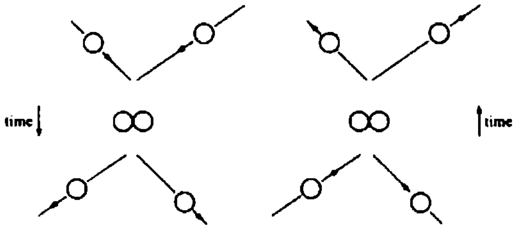
وێنەی ١:٨: ئەگەر ئەو بەربەستەی کە گازەکەی ناچار کردووە لە لای چەپ سنووردار ببێت لا ببەین، گاز بڵاو دەبێتەوە و هەموو قاپەکە دادەگرێت. پرۆسەی پێچەوانە کە لەودا گاز بە شێوەی خۆبەخۆ بەرەوەی نیوەیەک بڕوات، زۆر ناموحتەمیلە و هەرگیز نابینرێت.

نموونەی ڕۆژانەی لە پرۆسەی شیاو بۆگەڕانەوە، لەرینەوەی پەندۆڵی کاتژمێرێکی دیوارییە یان خولانەوەی ویلێکە. پرۆسەکانی شیاو بۆ گەڕانەوە و شیاو بۆ نەگەڕانەوە دەکرێت بە وێناکردنی فیلمێک کە لە پرۆسەیەک ئامادە دەکرێت و لە ئاڕاستەی پێچەوانەدا پیشان دەدرێت، لە یەکتری جیا بکرێنەوە. ئەگەر ڕووداوە فیزیاییەکان بە شێوەی فیزیایی ژیرانە بن، ئەوان شیاو بۆ گەڕانەوەن، ئەگەر نا، نەشیاو بۆ گەڕانەوەن. بۆ ئەو مەبەستە فیلمێکی فێرکردنی ئامادەکراوە کە لەودا تۆپێک لە نێوان دوو کەسدا ئاڵوگۆڕی پێ دەکرێت(شیاو بۆ گەڕانەوە) و کاغەزێک دەدرێت (نەشیاو بۆ گەڕانەوە).

دوو خاڵی گرنگ لێرەدا هەیە کە لەدیدی یەکەمدا دژبەیەک دەردەکەون؛ یەکەم، ئەوەی پرۆسە فیزیاییەکان تەنانەت ئەگەر شیاو بۆ گەڕانەوەش دەربکەون، لە ڕاستیدا شیاو بۆ گەڕانەوە نین و دووەم، ئەوەی هەموو پرۆسە مایکرۆسکۆپییەکان لە ڕاستیدا بە تەواوەتی شیاو بۆ گەڕانەوەن! ئێمە لەسەر هەر کام لەم گوتانە قسە دەکەین و هەوڵ دەدەین پارادۆکسە دەرکەوتەکە چارەسەر بکەین؛ کاتێک ئێمە ئەمە ئەنجام دەدەین، دەبینین، هەرچەندە هیوادار بووین، بەڵام لەوە ناچێت پرسی چارەسەری کێشەی پێوان پێش پێش بکەوێت.

بۆچی دەڵێین هەموو پرۆسە ماکرۆسکۆپییەکان لە ڕاستیدا شیاو بۆ گەڕانەوە نین؟ ئایدیای گرنگ کە لە ناو ئەم گوتەیەدا هەیە، بریتییە

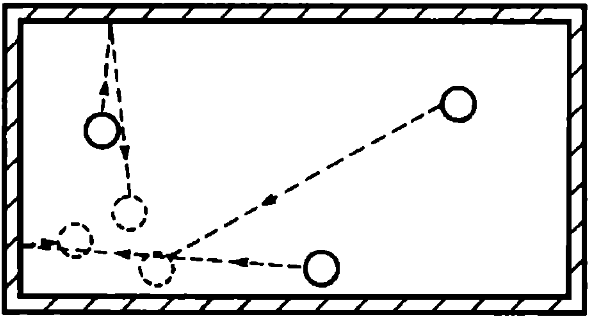
لەوەی دابڕینی تەنێکی ماکرۆسکۆپی بە تەواوەتی لە دەوروبەرەکەی مومکین نییە. هەر بۆیە هەرچەندە بە ڕواڵەت وا دەردەکەوێت پەندۆڵ بە شێوەی شیاو بۆ گەڕانەوە کار دەکات، لێکۆڵینەوەی وردتر پیشان دەدات جووڵەکەی لە ڕاستیدا، هەرچەندە بە هێواشی، بەڵام بە هۆی هێزەکانی بەرگریی هەوای دەوروبەر یان لێخشاندنی تەورەکەی، جووڵەکەی هێواش دەبێتەوە. یان ئەگەر کاتژمێری پەندۆڵی لەبەرچاو بگرین، فراونیی پەندۆلەکەی بە نەگۆڕی دەمێنێتەوە، کاتێک بە هۆی جۆرێک بزوێنەر بەکار دەخرێت. لێکۆڵینەوە لە سەرچاوەی ئەم هێزە دەری دەخات کە سەرچاوەکە پرۆسەی شیاو بۆ نەگەڕانەوە وەک بەربوونەوەی کێشێک یان کرانەوەی سپرنگێک یان بەتاڵبوونەوەی پاترییەکە. شیاو بۆ گەڕانەوەترین جووڵە لە ئاستی ماکرۆسکۆپیدا دەکرێت وێنا بکرێت سووڕانەوەی مانگی هەسارەیەکە یان سووڕانەوەی هەسارەیەکە بە دەوری خۆردا. ئەم تەنانە لە فەزای بەتاڵدا کە لەواندا بە کردەوە هیچ هێزێکی بەرگری لەئارادا نییە، دەجووڵێن و جووڵەکە ملیۆنەها ساڵە بێ وەستان درێژەی هەیە. لەگەڵ ئەوەشدا دەرکەوتووە کە تەنانەت لەم بارودۆخەشدا هێزی بەرگری هەیە، وەک هەڵکشان و داکشانی مانگ و خۆر لەسەر زەوی، کە لەکیسچوونی وزەی ڕێچکەیی لەگەڵە و لە ئەنجامدا جووڵە سوورگەیەکانیش هێواش دەبنەوە. بەم شێوە تێکڕای مەودای دووریی نێوان زەوی و مانگ چەند میلیمەتر لە ساڵدا کەم دەبێتەوە، دیاردەیەک کە بە هۆی تاقیکردنەوە لەیزەرەوە ڕاستەوخۆ پێوراوە. ئەم بەشە لە جووڵەی مانگ نەشیاو بۆ گەڕانەوەیە، هەر بەو هۆکارەی کە لە نموونەکانی پێشوودا قسەمان لەسەری کرد: بۆ مانگ کاتێک لەبری ئەوەی بە زەوی نزیک بێتەوە لێی دوور دەکەوێتەوە، هەڵکشان و داکشانەکان بە ناچاری وزە دەدەن بە مانگ و بە پێچەوانەوە، ئەمەش یاسای دووەم پێشێل دەکات.



وێنەی ٨:٢: پرۆسە داینامیکییە سادەکان، وەک بەرکەوتنی دوو گۆ، کاتێک ڕیزبەندیی کاتییەکەش بگۆڕێت هێشتا لە دیدی فیزیاییەوە ژیرانە دەردەکەوێت.

ئێستا دەگەڕێینەوە بۆ سەر دەربڕینی دووەمی پارادۆکسەکە، ئەوەی کە هەموو کارلێکە بنچینەییەکان شیاو بۆ گەڕانەوەن. ئەم ئەنجامە لەوەوە دێت یاساکانی میکانیک و کارومۆگناتیسی بەند نین لەسەر ئاڕاستەی کات (یان وەک دەگوترێت تیرئاسای کات). دۆخێکی سادە کە ئەم بارودۆخە ڕوون دەکاتەوە بریتییە لە بەرکەوتنی نێوان دوو مۆلکیول، وەک لە وێنەی ٨,٢ (a)دا دەبینرێت و پێچەوانە کاتییەکەی کە لە وێنەی ٨:٢ (b)دا پیشان دراوە. وەک دەبینین هەردوو پرۆسەکە بە شێوەی فیزیایی شیاون و بە یەکسانی شیاوی پەسەندکردنن و هیچ شتێک نییە پێمان بڵێت بە ڕاستی جووڵە بە چ ئاڕاستەیەکدا ڕووی داوە. ئەمە بۆ هەموو ڕووداوە فیزیاییەکان کە لە ئاستی مایکرۆسکۆپیدا ڕوو دەدەن ڕاستە (جگە لە یەک یان دوو پرۆسە کە لە تەنۆلکە نیمچەئەتۆمییەکاندا ڕوو دەدات، کە نابێت زۆر نیگەرانی بین). ئەی چۆن دەگوترێت ڕەفتاری تەنەکان لە سکێلی گەورەدا هەمیشە نەشیاوە بۆ گەڕانەوە لە کاتێکدا لە ئەتۆم پێک هاتوون و ئەوانیش ملکەچی یاسا ماکرۆسکۆپییەکانن کە شیاون بۆ گەڕانەوە؟
وەڵامی ئاسایی بۆ پرسی چۆن نەشیاو بۆ گەڕانەوەی ماکرۆسکۆپی، لە شیاو بۆ گەڕانەوەی مایکرۆسکۆپییەوە دەردەکەوێت، بریتییە

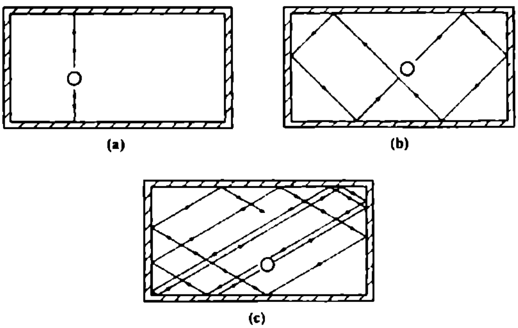
لەوەی شــیاو بــۆ نەگەڕانەوە تەنیــا نزیککــردنەوەیە و یــان تەنــانەت لەوانەیە وەهمێـک بێـت. بـۆ تێگەیشـتن لەمە جـارێکی تـر بـاری قـاپی هەڵگری گاز لەبەرچـاو دەگرین (وێنەی ٨:١)، کە تـیغەکە لا دەبرێـت و گاز هەموو قاپەکە پڕ دەکات. ئەگەر لەسـەر یەک تـاکە مۆڵکیولی گـاز چڕ ببینەوە دەبینین ئەم مۆڵکیولە بەرکەوتنگەلێک لەگەڵ دیوارەکانی قــاپەکە و مۆڵکیولەکــانی تــر ئەنجــام دەدات کە هەموویــان ملکەچــی یاسـاکانی شـیاو بـۆ گەڕانەوەن. وای دابنێ کە لە کـاتێکی دیـاریکراودا ئێمە بتوانین ئاڕاستەی جووڵەی هەر مۆڵکیولێکی ناو گازەکە پێچەوانە بکەیــنەوە. چــونکە یاســا میکانیکییەکــان کە فەرمــانڕەوان لەســەر بەرکەوتــن بە باشــی لە پــێچەوانەدا کــار دەکەن، هەمــوو مۆڵکیولێـک ڕێچــکە پێــوراوەکە لە ئاڕاســتەی پــێچەوانەدا دەگەڕێــتەوە و دوای تێپەڕبــوونی کــاتێکی یەکســان بە مــاوەیەک کە لە لابردنــی تــیغەکە تــا پێچەوانەکردنەوەی، هەمـوو مۆڵکیولەکـان دەگەڕێنەوە بـۆ لای چەپ و بە داخسـتنی تـیغەکە دۆخـی سـەرەتایی قـاپەکە جـارێکی تـر بەدەسـت بهێنینەوە. نموونەیەک لەم پرۆسەیە بە گـازی پێکهـاتوو لە مۆڵکیـول لە وێــنەی ٨:٣دا شــی کــراوەتەوە. ئەوان بە شــێوەی ســەرەتایی لە نــاو قـاپەکەدا بـڵاو بـوونەوەتەوە، بەڵام ئەوان بە ڕووداوێـک دەجـووڵێن و دوای مـاوەیەکی کـورت لە بەشـێکی قـاپەکەدا کـۆ دەبـنەوە. هەڵـبەت وەسـتاندن و پێچەوانەکـردنەوەی ئاڕاسـتەی جـووڵەی مۆڵکیولەکـان بە کردەوە نامومکینە، زۆر نامومکینتر دەبێت ئەگەر ژمارەی تەنۆلکەکانی نــاو سیســتەمەکە بەرزتــر ببێــتەوە. بە هەرحــاڵ، بە ڕواڵەت بەپێــی پرەنسـیپ مـومکینە. سـەرەڕای ئەوە، شـیکار بە وردەکـاریی زیـاترەوە لەســەر جــووڵە دەمانگەیەنێــت بەو بــڕوایەی تەنــانەت لە نەبــوونی دەستتێوەردانیشدا، سیستەمێکی فیزیـایی دوای تێپەڕبوونی کـاتێکی بە ڕادەی پێویست درێژ دەچێتەوە دۆخی سەرەتایی خۆی.



وێنەی ٨:٣: هەرچەندە گازێک هەرگیز لە نیوەی قاپێک کۆ نابێتەوە، بەڵام ئەم کارە بەپێی یاساکانی فەرمانڕەوا لەسەر بەرکەوتن قەدەغە نییە. وێنەی سەرەوە سێ تەنۆلکە کە سەرەتا لە ناو قاپەکەدا بڵاو بوونەتەوە پیشان دەدات (بازنە تۆخەکان)، کە بە شێوەیەک دەجووڵێن کە لە گۆشەی خوارەوەی لای چەپ کۆ ببنەوە (بازنە خاڵ بەتاڵەکان).

بۆ تێگەیشتن لەم خاڵەی دوایی سەرەتا نموونەیەکی سادە لەبەرچاو دەگرین کە لەودا مۆڵکیولێکی تاقانە لە ناو لاکێشەیەکی تەختدا وەک وێنەی ٨:٤ دەجووڵێت و لە دیوارەکانەوە دەگەڕێتەوە. ئەگەر ئەم مۆڵکیولە جووڵەکەی خۆی بە شێوەی هاوڕێک لەگەڵ یەکێک لە لاکانی لاکێشەکە دەست پێ کردبێت، بە بێسنوور لەسەر هێڵێک بەرز و نزم دەبێتەوە. هەر کاتێک لە خاڵی دەستپێکەوە تێدەپەڕێت هەمان خێرایی و ئاڕاستە خێرایی جووڵەی سەرەتایی دەبێت، هەر بۆیە کرداری گەڕانەوە زۆر بە خێرایی ڕوو دەدات. بە هاوشێوەیی ئەگەر مۆڵکیولەکە دەستپێکی جووڵەکەی لە خاڵێکەوە بێت کە گۆشەی ٤٥° لەگەڵ یەکێک لاکاندا دروست بکات ڕێچکەکە وەک وێنەی ٨:٤ (b) دەبێت و ئەم ڕێچکەیە بە شێوەی بێسنوور درێژەی دەبێت. ڕێچکەگەلێکی تریش دەکرێت بە ئاسانی دیزایین بکرێت کە دووبارە

دەبێتەوە. بە هەرحاڵ، لە بارێکدا کە گۆشەکە زۆر خۆویست بێت ڕێچکەکە زۆر ئاڵۆز دەبێت و هێڵێکی وێناکراو بۆ ڕێچکەی تەنۆلکەکە سەرئەنجام هەموو ناو لاکێشەکە پڕ دەکات (بە سادەیی دەبینرێت کە دووبارەکردنەوەی سادەی جووڵەیەک، کاتێک ئەنجام دەدرێت کە تانجانتی (سایە/tangent) گۆشەی دەستپێک ژمارەیەکی کەرت، واتە n/m بێت، کە لەودا n و m هەردووکیان ژمارەی دروستن). بارودۆخی سەرەتایی دەمانگەیێنێت بە جووڵەیەک لەم جۆرە ژمارەکەیان بێکۆتایی جار موحتەملترە لەوەی تەنیا جووڵەیەکی سادە دووبارە بکاتەوە، بەگشتی، دەکرێت وای دابنێین کە تەنۆلکەکە هەموو شوێنە مومکینەکانی ناو لاکێشەکە داگیر دەکات، کە یەک لەو شوێنانە شوێنی سەرەتایی دەبێت، هەڵبەت ئەگەر بە ڕادەی پێویست ڕابوەستین.



وێنەی ٤:٨: تاکتەنۆلکەیەک لە ناو قاپێکی لاکێشە، بەند لەسەر بارودۆخی سەرەتایی دەکرێت جووڵەی جیاواز ئەنجام بدات. لە بەشی (a) و (b) جووڵەکە دوای چەند بەرکەوتن دووبارە دەبێتەوە. ڕێچکەیەک کە زۆرتر ئەگەری ڕوودانی هەیە، ڕێچکەیەکە کە لە بەشی (c)دا پیشان دراوە و مۆلکیول لەم بارەدا هەرگیز بە وردی ناگەڕێتەوە بۆ بارودۆخی سەرەتایی. لەم بارەدا بە پێی پرەنسیپی ئەرگۆدیک تەنۆلکە ناچارە لە کۆتاییدا هەموو دۆخە مومکینە داینامیکییەکان داگیر بکات.

دەکرێت ئەم ئەنجامە بۆ شرۆڤەی ڕەفتاری سیستەمە ئاڵۆزەکان گشتاندنی بۆ بکرێت بۆ سیستەمی زۆر ئاڵۆزتر، وەک ئەو گازانەی پێشتر قسەمان لەسەری کرد. ئێستا ئێمە ژمارەیەکی گەورە تەنۆلکەمان هەیە کە دەجووڵێن و لە یەکتری و لە دیوارەکانی قاپەکە دەکەون. هەمان ئارگیومێنت دەکرێت بۆ یەک تەنۆلکە بەکار بهێنرێت کە دەگات بەو ئەنجامەی کە وەها سیستەمێک ئەگەر لێی بگەڕێین درەنگ یان زوو لە هەموو ئە پەیکەربەندییەکانەوە، کە گونجاون لەگەڵ پرەنسیپی پاراستنی وزەدا، تێپەڕ دەبێت. ئەم دەربڕینەی کۆتایی ناسراوە بە پرەنسیپی ئەرگۆدیک (Ergodic Principle)، کە وا دادانرێت بۆ هەر سیستەمێکی فیزیایی، وەک مۆڵکیولەکانی گاز، ڕاست بێت. هەڵبەت بۆ شرۆڤەی دۆخی فیزیایی سیستەمێکی وەها دەبێت شوێن و خێرایی بە نزیکەیی $١٠^{٢٣}$ مۆڵکیولی گازەکە بزانرێت، هەر بۆیە ژمارەی دۆخە مومکینەکان ئێجگار زۆرە. بەڵام ئەگەر گریمانەی ئەرگودیک ڕاست بێت، بە هەرحاڵ هەموو دۆخە مومکینەکان ڕوو دەدات و هەرچەندە ئەم دۆخانە ڕێک یەکسان نابن بە دۆخی سەرەتایی، بەڵام بە ڕادەی پێویست لێی نزیک دەبن. هەر بۆیە دەگەین بەو ئەنجامەی ئەگەر بە ڕادەی پێویست ئارام بگرین، گازەکە دەبێت بگەڕێتەوە بۆ دۆخێک کە نزیکە لە دۆخی سەرەتایی. تێگەیشتن لەم هەقیقەتە بۆ یەکەم جار لە لایەن **هێنری پوانکار**ەوە، فیزیایی فەرەنسی لە سەدەی نۆزدە هاتە ئاراوە: گەڕانەوەی سیستەمێکی سێرمۆداینامیکی بۆ دۆخی سەرەتایی و کاتی پێویست بۆ ئەنجامبوونی ئەم کارە ناسراوە بە گەڕانەوەی پوانکارە (Recurrence Poincaré) و کاتی پێویست بۆ ئەنجامبوونی ئەم کارە کاتی سووڕی پوانکارە (Poincaré Cycle Time)ی پێ دەگوترێت.

ئەم ئارگیومێنتانە دەمانگەیەنێت بەو بڕوایەی کە نەشیاوی بۆ گەڕانەوە، تەنیا وەهمێکە. هەرچەندە گازی کشاو قاپی بەتاڵ پڕ

دەکاتەوە، هەمیشە بەختێک، هەرچەندە کەم، بۆ گەڕانەوە بۆ دۆخی سەرەتایی بۆ هەموو مۆڵکیولەکان کە لە لای چەپی قاپەکەدان لەئارادا دەبێت و بە دڵنیاییەوە ڕوو دەدات ئەگەر بە ڕادەی پێویست ڕابوەستین. هەڵبەت لەوانەیە ناچار بین ماوەیەکی درێژ ڕابوەستین، بەراوردی کاتی سووڕی پوانکارە بۆ سیستەمە ماکرۆسکۆپییە جۆرینەکان چەندین ملیۆن بەرامبەری تەمەنی گەردوونی ئێمەیە. بە هەرحاڵ، کاتی پوانکارە تەنیا تێکڕایەکە: لەڕادەبەدەر ئەگەرێکی بچووکە، بەڵام کاتەکە بێکۆتایی نییە، بەختی ئەوەی ڕۆژێک هەموو مۆڵکیولەکانی گاز لە ناو قوتوویەک یان ژوورێکدا بەرەو لایەکی بجووڵێت، ئەنجامێکی دڵخۆش نابێت، بە تایبەت ئەو کاتەی ڕوو بدات کە ئێمە لە ناو ژوورەکەدا بین!

نەشیاو بۆ گەڕانەوە و پێوان

ئێستا دەبێت ڕوون بووبێتەوە کە بۆچی هەر چەشنە گەڕانەوەیەک بۆ نەشیاو بۆ گەڕانەوەی سێرمۆدینامیکی پرسی پێوان بە خێرایی چارەسەر ناکات. بە دڵنیاییەوە ئەم گوتەیە ڕاستە کە پرۆسە کوانتەمییە پەتییەکان لە دیدی سێرمۆدینامییەکەوە بە تەواوەتی شیاون بۆ گەڕانەوە، لە کاتێکدا لە پێوانەکاندا بەردەوام لەگەڵ نەشیاو بۆ گەڕانەوەی سێرمۆدینامکی بەرەوڕوو دەبین. بەڵام ئەگەر گریمانەی ئەرگۆدیک ۆ ئایدیای گەڕانەوەی پوانکارە ڕاست بێت، ئەوکات نەشیاو بۆ گەڕانەوە دەبێت بە وەهم، سەرچاوەکەی دەگەڕێتەوە بۆ ئەوەی ناتوانین گەڕانەوەی پوانکارە لە پرۆسەکانی سکێلی گەورەدا ببینین.
ئەگەر ئێمە بتوانین وەها بینینێک ئەنجام بدەین، ئەتۆمەکانی هێماکە لەراوەکەی وێنەی ٧:١، ئەتۆمەکانی هێما لەراوەکە لە کاتی لادان لە دوو ئاڕاستەکەدا، لە دوو شوێنی دژبەیەکدا جێگیر دەبن. لە ئەنجامدا دوو جووڵەکە یەکتری دەسڕنەوە و دۆخی جەمسەرگیریی فۆتۆنەکە

نە V دەبێت نە h، بەڵکو هەر ٤٥° دەبێت. تەنانەت ئەگەر دەمانتوانی لادان هێما لەراوەکە تۆمار بکەین، دەبوو مادەیەک بەکار بهێنین کە ملکەچی یاساکانی سێرمۆداینامیکییە و بەم شێوە هەموو کۆمەڵەکە دەکرێت وەک سیستەمێکی سێرمۆداینامیکی لەبەرچاو بگیردرێت، کە ملکەچی گەڕانەوەکەی پوانکارەیە. ئەگەر هیچ جێگەیەک بۆ دەربڕینی ئەوەی سەرئەنجام پێوان ئەنجام دراوە یان نا نەبێت، ئەوکات بەگوێرەی دەربڕینی کۆپنهاگنی نابێت هەقیقەتێک بۆ هێندە نەپێوراوەکان (جەمسەرگیریی فۆتۆن، ئاڕاستەی لادانی هێما یان بە ڕاستی هەر شتێکی تر) لەئارادا بێت و ئێمە هێشتا لە بەردەم پرسی پێواندا دەستەوەستان دەبین.

ئەگەر بمانەوێت لەم ئاڕاستەدا پێش بکەوین، دەبێت هۆکارێک لەسەر کارانەبوونی گریمانەی ئەرگۆدیک و ئایدیاکانی پوانکارە لە پێوانی کوانتەمیدا بدۆزینەوە. یەکێک لە پێشنیازەکان بەندە لەسەر ئەوەی کە هیچ سیستەمێکی سێرمۆداینامیکیی ڕاستەقینە کە لە دەوروبەری خۆی دابڕابێت بوونی نییە. هەر بۆیە ئەتۆمەکانی گاز لانیکەم لە ڕێگەی کارلێکی لاوازی کێشکردنیەوە، کە هەڵبەت لە نێوان هەموو تەنەکاندا هەیە، لەگەڵ تەنەکانی دەرەوەدا کارلێک دەکات. هەرچەندە ئەم جۆرە کاریگەرییانە لەڕادەبەدەر بچووکن، بەڵام پیشان دراوە کە پشێویی زۆر بچووک توانای ئەوەیان هەیە کاریگەریی گەورە لە جووڵەی گشتیی سیستەمێکی فرەتەنۆلکەیی وەک گاز یان لە ڕاستیدا هێمایەک دابنێت، هەر بۆیە گۆڕانێکی بچووک لە گەلەستێرەیەکی دوور دەکرێت کاریگەری لەسەر ڕەفتاری گازێک کە لەسەر زەوییە دابنێت و گۆڕانکاریی گەورە لە کاتی گەڕانەوەی پوانکارەدا دروست بکات. لەوانەیە نەکرێت هیچ سیستەمێکی ئاڵۆز بۆ دۆخی سەرەتایی خۆی بگەڕێتەوە مەگەر ئەوەی هەموو دەوروبەرەکەی وەک ڕابردووی لێ بێتەوە- چونکە ئەگەر وا نەبێت گۆڕانکاریی داهاتووی وەک ئەوەی پێشوو نابێت. هەر بۆیە دەکرێت تێبگەین کە پێوانێکی

پیشاندەرەی گۆڕانێکی نەشیاو بۆ گەڕانەوە لە گشت گەردووندا و بە سادەیی گریمانەبابەتەکەی، کە یاساکانی کوانتەم دەکرێت بۆ هەر بەشێکی گەردوون بەکار بهێنرێت، بەڵام نەک بۆ هەموو گەردوون. تەنانەت لەوانەیە بگوترێت کە وێنای گەڕانەوەی گەردوون بۆ دۆخێک کە پێشتر تێیدا بوو بێواتایە، چونکە ئەوکات دەبێت دۆخی هەموو چاودێرەکان لە گەردووندا بگەڕێتەوە بۆ دۆخی پێشتر و هیچ ڕێگەیەکیش بۆ زانینی ڕووداوێک یان تێپەڕینی کات نییە. دوو ڕەخنە لەسەر ئەمە هەیە: یەکەم، هەرچەندە لەوانەیە بڕواپێکراو نەبێت، بەڵام لەوە دەچێت بکرێت تیۆری کوانتەمی بۆ گشت گەردوون بەکار بهێنرێت. لێکۆڵینەوە تیۆرییەکان لەسەر پەرەسەندنەکەی لە قۆناغە سەرەتاییەکانی تەقینەوە گەورەکەوە (بیگبانگ) تەنیا بەندە لەسەر ئەم گریمانەبابەتە و ئەنجامگەلێکمان دەست دەکەوێت کە وا دیارە هەندێک لە تایبەتمەندییە بینراوەکانی گەردوونی ئەمڕۆمان شی دەکاتەوە. دووەم، دیاریکردنی ئەوەی کەی گۆڕانی نەشیاو بۆ گەڕانەوە لە گەردووندا ڕووی داوە، کارێکی قورسە. هەموو کاریگەرییە فیزیاییەکان بە کێشکردنیشەوە، بە خێرایی ڕووناکی یان کەمتر لەو بڵاو دەبنەوە، هەر بۆیە ساڵەهای دەوێت تا گوارنکارییەکانی کاریگەریی پێوانێک، کە ڕوو دەدات، لە بەشە دوورەکانی گەردوون تۆمار بکرێت. کێشەمان دەبێت ئەگەر هەقیقەت نەدەین بە ڕووداوێک کە چەند هەزار ملیۆن ساڵ لەوەوپێش ڕووی داوە.

بەڵام بە هەرحاڵ، ڕێگەیەکی بە تەواوەتی جیاواز بۆ لێکۆڵینەوە لەم پرسە هەیە کە لەودا ئەوە پەسەند دەکەین، کە سەلمێندراوی ئەرگۆدیک ڕاست نییە و گەڕانەوەکانی پوانکارە ڕوو نادەن. تا ئێستا هیچ نموونەیەک لە پێشێلکردنی یاسای دووەمی سێرمۆداینامیک لە کرداردا نەبینراوە و لە ڕاستیدا هەموو گەنگەشەکە لەسەر گریمانەیەکە کە بە تەواوەتی گشتگیرە. ئایا ناکرێت لایەنگەلێک لە سروشتی گۆڕانکارییەکانی سێرمۆداینامیکی، کە لە پرۆسەکانی پێواندا

ڕووو دەدەن بدۆزینەوە، کە بە ئاسانی بکرێت ئەوان لە پڕۆسەی شیاو بۆ گەڕانەوەکان، کە تیۆری پەتیی کوانتەمی بەکاری دەهێنێت، جیا بکرێتەوە؟ ئەم ئیمکانە لە دوو بەشی دواتردا قسەی لەسەر دەکەین، لەوێ دەبینین کە ئەمە پێشنیازی چارەسەرێک بۆ پرسی پێوان دەکات کە دەکرێت لە هەموو ئەوانەی پێشتر قسەمان لەسەری کردووە کردەکیتر بێت. بە هەرحاڵ، وەک دەبینین ئەمە پێویستی بە گۆڕانکارییەکی شۆڕشگێڕانەیە لەو شرۆڤە نەریتییەی بۆ گەردوونی فیزیایی لەئارادایە.

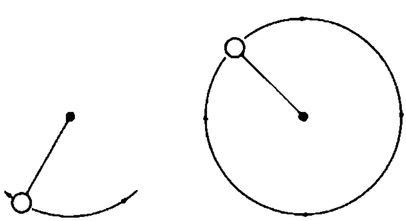
بەشی نۆیەم
تاکە یەک ڕێگە بۆ پێشەوە؟

لەم بەشەدا ئێمە دەگەڕێین بەدوای ئەگەری هەبوونی هەندێک لایەنی سروشتی گۆڕانەکانی سێرمۆداینامیکی، کە لە پرۆسەکانی پێواندا ڕوو دەدەن، بۆ ئەوەی جیاوازییەکی ڕوون بکەین لە نێوان جۆرە پرۆسەیەکی شیاو بۆ گەڕانەوە، کە مومکینە ڕوو بدات لەو جۆرەی کە دەکرێت تیۆری کوانتەمیی پەتی بۆ بەکار بهێنرێت. ئەم ئایدیایە هەندێک هەل پێشکەش دەکات، کە لە سالانی ١٩٨٠ لە لایەن **ئیلیا پریگۆگین**ەوە پەرەی پێدرا. ئەو لە سالّی ١٩٧٧ بە هۆی کارە تیۆرییەکانی لەسەر بواری سێرمۆداینامیکیی کیمیای نەشیاو بۆ گەڕانەوە (Irreversible Chemical Thermodynamics) خەلاتی نۆبڵ بۆ *زانستی* پێ بەخشرا. خالّی دەستپێکی ئەم شێوازەی **پریگۆگین** و هاوکارەکانی بریتییە لە دووبارە تاقیکردنەوەی پرەنسیپی ئەرگۆدیک، کە دەگاتەوە بە ئایدیای گەڕانەوەی پوانکارە. لە بەشی پێشوودا باسمان کرد کە لە باری سادەی تەنۆلکەیەکی حەپسکراو لە ناو لاکێشەیەکدا، ئەگەر گۆشەی دەستپێک بڕێکی تایبەتی نەبێت، ڕێچکەکەی هەموو لاکێشەکە دادەپۆشێت و درەنگ یان زوو تەنۆلکەکە دەگات بە دۆخێک کە بە ڕادەی دڵخواز بە دۆخی سەرەتایی نزیکە. مەبەست ئەوەیە کە هەرچەند دۆخەکانی سەرەتا و

کۆتـایی بە وردی یەکسـان نـین، بەڵام دەکرێـت بە پێـدانی کـاتی بە ڕادەی پێویسـت درێـژ، جیـاوازیی شـوێن و خێراییەکـان بە ڕادەی پێویسـت بچـووک بکـرێتەوە. گریمـانەی ڕوون ئەوەیە کە ڕەفتـاری داهاتووی سیستەمەکە زۆر ناکەوێتە ژێر کاریگەریی ئەم گۆڕانکارییە بچووکانە لە دۆخەکەدا؛ بە کردەوە ڕەفتارەکەی دوای گەڕانەوە، وەک ڕەفتارە سەرەتاییەکەی وایە. هەر بۆیە ئەگەر تەنۆلکەکە بەشێک بێت لە سیستەمێکی کوانتەمی، بە گەڕانەوە دۆخی کوانتەمی سـەرەتایی بە شـێوەیەک دروسـت دەکـاتەوە، کە ناکرێـت بگوترێـت لەودا گۆڕانێـک ڕووی داوە. لە ڕاسـتیدا ئەم ئایدیایە سـەبارەت بە سیسـتەمێکی سـادە وەک تەنـۆلکەیەکی تـاک کە لە نـاو لاکێشـەیەکدا بەمـلا و لادا هەڵـبەزودابەز دەکـات، دەکرێـت بەکـار بێـت، بەڵام بـۆ سیسـتەمە ئاڵۆزەکان متمانەپێکردنی سنووردارە.

وەک نمـوونەی سیسـتەمێکی فیزیـایی کە ڕەفتـارە داهـاتووەکەی دەکرێـت بە شـێوەیەکی بەرچـاو لە ئەنجـامی گـۆڕانێکی بچـووک لە دۆخەکەیدا بگۆڕێـت، پەنـدۆلێکی سـادەیە، کە لەودا تەنێک بە کۆتـایی شووڵێکەوە قایم بەستراوەتەوە و بە جۆرێک لەسەر یاتاغێک دانراوە، کە دەکرێت سووڕێکی تەواو لێ بدات (وێنەی ١:٩). بۆ ئەم سیستەمە ئەگەری دوو جـووڵەی بە تەواوەتـی جیـاواز لەئـارادایە، ئەگەر تەنەکە کەمێـک بە لایەکـدا لا بـدرێت و دوایـی بەڕەڵا بکرێـت، وەک پەنـدۆڵی کاتژمێرێک بۆ پاش و پێش دەلەرێتەوە، بەڵام ئەگەر خێراییەکی زۆری پـێ بـدرێت، لە بەرزتـرین خـاڵەوە تێـدەپەڕێت و دەسـووڕێتەوە و تـا هێواشـبوونەوەی جووڵەکەی درێژە بەم کـارە دەدات. گرنگتـرین خـاڵ لێرەدا بـریتییە لەوەی خێراییەکـی مـۆڵەقە لەئـارادایە، کە لە ژێـر ئەودا پەندۆڵ هاتوچۆ دەکات و لە سەروو ئەوەوە دەسووڕێتەوە. هەر بۆیە دەگەیـن بەو ئەنجـامەی کە دوو پەنـدۆڵ کە جیاوازییەکەیـان تەنیـا لە خێراییەکەیانـدایە، بە بڕێکـی زۆر کەم لە سـەروو یـان خـوارووی خێرایـی مـۆلەقەوە ڕەفتـارێکی بە تەواوەتـی جیاوازیـان هەیە. ئێسـتا

بـزانین ئەگەر ئەم پەنـدۆڵە بەشـێک لە سیسـتەمێکی سـێرمۆدایینامیکی بێت چی ڕوو دەدات. بۆ نموونە دەکرێت نموونەیەکی بچووک لەوە لە ناو قاپێکی لە گاز بە ژمـارەیەک مۆڵکیولەوە وێنـا بکرێت، کە هەنـدێک جار مۆڵکیولەکان لێی دەکەون و بڕێک وزەی پێ دەدەن.



وێـنەی ٩:١: پەنـدۆڵێکی سـادە لەوانەیە دوو جـووڵەی جیـاوازی (a) لەرینەوە (b) سووڕانەوەی تەواو ئەنجام بدات.

ئێستا وای دابنێ کە پەندۆڵکە لە ساتێکدا وزەکەی بە ڕادەی پێویست بەڵام نەک زۆر نزیک لە وزەی دەستپێکی سـووڕانەوە بێت. لەوانەیە کە دواتر ئەم سیستەمە بگەڕێتەوە بۆ هەمـان دۆخ کە مۆڵکیولەکان بە کردەوە لە هەمـان شوێن و بە هەمـان خێرایی سـەرەتایی لە جووڵەدا بن، بەڵام ئەم جارەیـان وزەی کەمێک زیـاتر لە دۆخـی پێشـووی پـێ دەدرێـت. پەنـدۆڵەکە ئێسـتا ئیتـر دەسـت دەکـات بە سـووڕانەوە، بە شێوەیەک کە ڕەفتاری داهاتووی ئەو مۆڵکیولانەی لێی دەکەون لەگەڵ دۆخـی پێشـوودا جیـاواز دەبێـت. هەر بـۆیە دەردەکەوێـت کێشـەکە لە بەکارهێنـانی پرەنسـیپی ئەرگۆدیـک و ئایـدیای گەڕانەوەی پوانکـارەدا سـەبارەت بە سیسـتەمگەلێکی وەک ئەوەی سـەرەوەدا هەیە. بە هەرحاڵ، لەوانەیە دۆخی سەرەتا و کۆتایی ئەم سیستەمانە هاوشێوە بێت، بەڵام ڕەفتاری داهاتوویان بە تەواوەتی جیاواز دەبێت.

لەوانەیە وا دەربکەوێـــت کە بـــارودۆخی هاوشـــێوەی بـــارودۆخی ســـەرەوە بە ڕادەیەک نـــاهەقیقین، کە بە کـــردەوە لە دەرەوەی قســـە لەســـەرکردن بێـــت. بەڵام وردەکـــاریی جـــووڵەی سیســـتەمە چەنـــد تەنۆلکەییەکان زۆر ئاڵۆزە و وەها ناهاوسەنگیگەلێک زۆر نائاسـایین و لە ڕاســتیدا زۆر لە سیســـتەمەکان ناهاوســـەنگییەکەیان زۆر تونـــدترە لەمە، بە جۆرێـک هەر گـۆڕانێکی بچـووک لە بـارودۆخی ســەرەتایی، ڕەفتاری داهاتووی بە توندی دەگۆڕێت. هەندێک جـار کاریگەریی ئەم جـۆرە لە ناهاوســـەنگییەکان لەســـەر سیســـتەمە فیزیاییەکـــان، پێـــی دەگوترێت تێکەڵبوونی بەتـین (Strong Mixing). پیشـان دراوە کە گـــازێکی پێکهـــاتوو لە ســـێ تەنـــۆلکە بە شـــێوەی گـــۆی ڕەق، وەهـــا ڕەفتارێـــک لە خـــۆی پیشـــان دەدات، هەر بـــۆیە ئەگەری زۆرە کە تێکەڵبـــوونی بەتـــین یەکێـــک لە تایبەتمەنـــدییە ئاســـاییەکانی زۆربەی سیستەمە سێرمۆداینامیکییە ڕاستەقینەکان بێت.

وەک **پریگـۆگین**، ئێمـــە ســـەرەتا پەیوەنـدیی تێکەڵبـوونی بەتـین لەگەڵ تێگەیشـتنمان لە فیزیـای کلاسیکی لەبەرچـاو دەگرین و کەمێک دواتـر دەگەڕێینەوە بـۆ نمـوونەی کـوانتەمی و سـەرئەنجام دەگەڕێینەوە بـۆ پرسـی پێـوان. یەکەم خـاڵ کە دەبێـت لە پـێش چاومـان بێـت، بـریتییە لەوەی هەرچەنـــدە وردەکـــاریی ڕەفتـــاری ئایینـــدەی تەنۆلکەکـــانی پێکهێـنەری سیســـتەمێک لە هاوســـەنگیی لاوازدا بە کـــردەوە شـــیاوی پێشـــبینی نیـــیە، بەڵام ئەمە بە واتـــای ئەوە نیـــیە کە هـــیچ کـــام لە تایبەتمەنـدییەکانی ئەم سیسـتەمە ناکرێـت بپێورێـت. بە تـایبەتی بـڕە ئاساییەکانی سێرمۆداینامیک، وەک پلەی گەرمی و پەستان (سەبارەت بە گـاز) بە وردی و بەب اشـی شـیاوی پێشـبینییە. سـەرەڕای ئەوە یاســـای دووەمـــی ســـێرمۆداینامیک بە زەقـــی ڕاســـتە و تەنـــانەت سیستەمەکە بە خێراییەکی زیاتر لەوەی ملکەچی پرەنسیپی ئەرگۆدیک بێـت بەرەو دۆخێـک بە نـاڕێکوپێکیی زیـاترەوە دەچێـت. پـارامیترە بنچینەیـــیە داینامیکییەکـــانی وەک شـــوێن و خێرایـــی مۆلکیولەکـــانی

پێکهێــنەر، گۆڕانکــاریی پــڕ لە ئاژاوەیــان هەیە، لە کاتێکــدا بــڕە سـێرمۆدانامیکییەکان (کە بە شـێوەی نەریتیـی وا بیـر دەکـرێتەوە لە سـەنگچنە (سـترکتۆرە/ڕێسـا) مایکرۆسـکۆپییەکانەوە وەردەگێـڕن) خۆشڕەفتارن. ئەم ڕاستییانە **پریگۆژن**ی ناچار بە قسەکردن کرد، کە شێوازی بیرکردنەوەمان سەبارەت بە سیستەمە سێرمۆداینامیکییەکان هەڵەیە و ئەگەری تێکەڵبـوونی بەتـین لەئـارادا بێـت، دەبێـت هەقـیقەتە سـەرەکییەکە بگەڕێـتەوە بـۆ بـڕە سـێرمۆداینامیکییەکان و شـرۆڤەی بنچینەییتـر لەسـەر بنچینـەی سـەنگچنی مایکرۆسـکۆپی متمـانەپێکراو نیـیە. ئەو تـوانی پیشـانی بـدات، ئەوکـات دەکرێـت یاسـای دووەمـی سـێرمۆداینامیک بە شـێوەیەک، کە لە نـاوەکەیەوە دەردەکەوێـت لەبەرچـاو بگیردرێت، واتە وەک یاسـایەک کە هەمیشـە ڕاسـتە و نەک ڕیسایەکی ئاماری کە بە هۆی گەڕانەوەی پوانکارەوە پێشێل بکرێت.

ئەنجامەکـانی ئەم شـێوە لە بیرکـردنەوە تەنـانەت پـێش گشـتاندنی بـۆ تیۆری کوانتەمی، قووڵە. ئەگەر لەسـەر میتـۆدەکەی **پریگۆگین** بڕۆین، ئەوکـات نادڵنیـایی بەشـێکی ڕوون لە فیزیـای کلاسـیکی دەبێـت: نەتوانیمـان بـۆ پێشـبینیی ئاینـدەی جـووڵەی بەشـەکانی سیسـتەمێکی فرەتەنـۆلکەیی، بە هـۆی سـنووردارێی توانـاییە ئەزموونییەکـان و هەژمارکردنەکـان نییە، بەڵکو ئەنجـامی ناچـاریی یاسـا بنچینەییەکـانی سروشتە. لەبری ئەوەی یاسـا بنچینەییەکـانی پەیوەندیدار بە ڕەفتـاری نەشـیاو بـۆ گەڕانەوەی ماکرۆسکرۆسـکۆپی و ڕەفتـارە شـیاو بـۆ گەڕانەوەکـانی مایکرۆسـکۆپی وەک نزیککـردنەوەیەک یـان تەنـانەت وەهمێک لەبەرچاو بگیردرێت، دەبێت یاسا نەشیاو بۆ گەڕانەوەکان بە بنچینەیی هەژمار بکەین و شیاو بۆ گەڕانەوە بە نزیککردنەوە هەژمـار بکەیـن. **پریگـۆگین** جۆرێـک پرەنسـیپی نادڵنیـایی دادەنێـت، کە دوو پەسـنەکە پـێکەوە گـرێ دەدات: ئەگەر شـرۆڤەی سـێرمۆداینامیکی گونجاو بێت، پێوانی وردی بگۆڕە داینامیکییەکان نامومکینە، لە کاتێکدا سیسـتەمێکی سـادەی وەک تەنـۆلکەیەک لە نـاو لاکیشـەیەکدا کە بە

شێوەی داینامیکی شیاوی شرۆڤەیە، پارامیتەری سێرمۆدینامیکی دیاریکراوی نییە. تەنانەت دەکرێت تا شوێنێک بچینە پێش کە ئایدیاکانی دەربڕینی کۆپنهاگنی لەم بارەوە پەرە پێ بدرێت و بڵێین کە دانی هەقیقەت بە شوێنەکان و خێرایی دانە بە دانەی تەنۆلکەکانی سیستەمێک بە تێکەڵی بەتینەوە بە هەمان ڕادە بێواتایە، کە دانی پلەی گەرمی بە تاک تەنۆلکەیەک بێواتایە. لێکۆڵینەوە لە هەندێک ئایدیاکانی فیزیای کوانتەمی کە لە بیرکردنەوەمان سەبارەت بە سیستەمی بە تەواوەتی کلاسیکی خۆی دەنوێنێت، سەرنجڕاکێش دەبێت.
ئایدیاکە، کە شیاو بۆ گەڕانەوەیە، نزیککردنەوەیەکە لە نەشیاو بۆ گەڕانەوە، نەک پێچەوانەکەی، لەوانەیە لەگەڵ تێڕوانینمان بۆ گەردوونی شیاو بینین باشتر بگونجێت. هەر بۆیە (جارێکی تر بە چاوپۆشیکردن لە ئایدیای کوانتەمی کە بە زوویی بۆی دەگەڕێینەوە) هەموو سیستەمە هەقیقییەکان بە شێوەی عەینی ملکەچی یاساکانی سێرمۆداینامیکین و بەرەو نزمی (Running Down) دەچن. تەنانەت ئەگەر ماوەیەکی زۆریش ڕاوەستین، نابێت چاوەڕێی گەڕانەوەی پوانکارەیی بکەین و هەر کەسێک بڵێت ئەوەی لە سیستەمەکانی بە تێکەڵبوونی بەتینەوە بینیوە، وەک کەسێکە باسی پەرجوو بکات و پەسەند ناکرێت. ئەگەر یاسای دووەمی سێرمۆداینامیک بنچینەیی بێت، ئەوکات ئەم بەرەونزمبوونەوەیە شیاوی پێشبینیکردنە و گەڕانەوەی پوانکارە بەدوور لە چاوەڕوانی نابێت. کاتی نزمبوونەوە لە سیستەمێکەوە بۆ سیستەمێکی تر زۆر جیاواز دەبێت. پارچەیەک سەهۆڵ لە ناو ئاوی گەرمدا لە ماوەی چەند خولەکدا دەتوێتەوە، بەڵام چەندین ملیۆن ساڵ دەخایەنێت تا کۆمەڵەی خۆر خۆرەکەی تەواو بکات و کاتی زیاتر لەوەش پێویستە تا گەلەئەستێرەکە دابڕمێت و تەنانەت کاتی زیاتریشی پێویستە تا گەردوونەکەمان بگات بە دۆخی کۆتایی هاوسەنگی.

توانیمان بۆ پێشبینیی ڕەفتاری داهاتووی سیستەمە فیزیاییەکان بۆ پارامیتەرەکانی سسکێڵی گەورە، کە پەیوەندییان بە سیستەمە گەورەکانەوە هەیە، زیاترە. هەر بۆیە ناتوانین ڕێچکەی مۆڵکیولێک زیاتر لە چەند بەرکەوتنێکی کەم پێشبینێنی بکەین، بەڵام دەتوانین بە وردیی بەرچاوەوە جووڵەی هەسارەکان بە دەوری خۆردا بۆ چەندین هەزار یان تەنات ملیۆن ساڵ هەژمار بکەین. بە هەرحاڵ، لە کۆتاییدا ڕەفتاری کۆمەڵەی خۆر نەشیاو بۆ پێشبینیکردن دەبێت. لە ماوەیەکی دووورودرێژدا، تەنیا شتێک ئێمە دەتوانین پێشبینێیی بکەین پارامیتەرە گشتییەکانی گەردوونە (وەک قەبارەی گشتی، بارستایی، پلەی گەرمی و تا دوایی). ئەو ڕاستییەی کە ئەمانە ناکرێت لە ئێستادا بە دروستی خەملاندنی بۆ بکرێت، لەوانەیە بگەڕێتەوە بۆ نەبوونی داتای ورد نەک بۆ سنووردارییە جۆرییەکان کە باسمان کرد.

گەڕانەوە بۆ پرسی پێوان

هەر شتێک سەبارەت بە تێکەڵی بەتین باسمان کرد، پەیوەندیی بە سیستەمە کلاسیکییەکانەوە هەیە. ئێستا کاتی ئەوە گەیشتووە، تا بۆ خاڵی سەرەکیی بابەتەکە، واتە پرسی پێوانی کوانتەمی. لانیکەم بە ڕواڵەت چارەسەرەکە زۆر سادەیە؛ ئەگەر بپەژرێنین یاسای دووەم بۆ هەموو سیستەمەکان کە هەڵگری تێکەڵ وونی بەتینن بنچینەیەیە، هەروەها گەڕانەوەی پوانکارە بۆ ئەم سیستەمانە هەرگیز ڕوو نادات، کە وا بوو گوتنی ئەوەی کە هەموو پێوانە کوانتەمییەکان بە ئامێرگەلی لەم جۆرە ئەنجام دەدرێن و زنجیرەی پێوان لە شوێنێکدا کە تێکەڵبوونی بەهێز دێتە ئاراوە دەشکێت، کارێکی سادەیە. لە ڕاستیدا ئەمە وەڵامێکە کە پریگوژین بۆ پرسی پێوان پێشکەشی کردووە، بەڵام ئەو لەمەش زیاتر دەچێتە پێش و ئەنجامەکانی ئەم وێنەیە بۆ دیدگای کوانتەمی ڕوون دەکاتەوە.

هەر بەو شـێوەیەی هەمیشـە وێنـا دەکـرا پـارامیتەرە سـەرەکییەکانی سیسـتەمی کلاسـیکی، شـوێن و خێرایـی بەشـە پێکهێنەرەکـانییەتی و پەسنی سێرمۆداینامیک نزیککردنەوەیەکی ئامارییە، لە میتۆدی ئاسایی فیزیای کوانتەمیشدا هەمیشـە گرنگی بە دۆخە کوانتەمییە پەتییەکانی سیستەمەکە دەدرێت و کارلێککەکانی پێوان دووەمینن. هەر بۆیە هەر وەک بینیمان، پرسی پێوان وەک گشتێک کاتێک خۆی پیشـان دەدات، کە ئامێرەکەی پێوان وەک تەنێکی کوانتەمی لەبەرچاو بگیردرێت، بۆ نموونە فۆتۆن. ڕێگەکەی **پریگۆگین** بریتییە لە تەماشاکردنی پێچەوانە بـۆ بـابەتەکە: ڕەفتـاری پەیوەندیـدار بە پێـوانێکی کـوانتەمی وەک هەقیقەتێکی بنچینەیی لەبەرچاو بگرین و ڕەفتـاری کوانتەمی پەتـی وەک نزیککردنەوەیەک دابنین، کە بۆ هەندێک دۆخی تایبەتی گونجاوە، کە لەواندا دەکرێت لە کاریگەرییەکانی تێکەڵبوونی بەتین کە هەمیشـە لە پێوانەکاندا هەن چاوپۆشی بکرێت.

ئەم تێـڕوانینە نـوێیە، هەروەهـا نادڵنیـایی بنچینەیـی کە بە شـێوەی نەریتی لەگەڵ فیزیای کوانتەمدایە، دەگۆڕێت. بۆ بینینی ئەمە سەرەتایە وەبیرتـان دەهێـنمەوە کە لە ڕاسـتیدا سیسـتەمێکی کـوانتەمی پەتـی لە نەبوونی پێواندا بە تەواوەتی شیاوی پێشبینیکردنە. فۆتـۆنی ٤٥° کە لە جەمسـەرگرێکی HVوە تێـپەڕ دەبێـت، لە یەکێـک لە دوو کەنـاڵەکەوە تێـپەڕ نابێـت، بەڵکـو بە جۆرێـک کە دروسـتکردنی مۆدێـل بـۆی زۆر قورسـە، لە هەردوو کەنـاڵەکەوە تێـپەڕ دەبێـت. ئەگەر وا نەبێـت، نەماندەتوانی دۆخی سـەرەتایی بەو ڕێگەی تـا ئێسـتا قسـەمان لەسـەر کـردووە، دووبـارە دروسـت بکەینەوە. تەنـانەت لە نەبـوونی دووبـارە دروستکردنەوەیەکیشدا، تیـۆری کـوانتەمی فۆتـۆن وەک بوونێـک کە بە باشی پێناسـە کراوە، واتە سـەریەککەوتووی فۆتـۆنی h لە کەنـاڵێکەوە و فۆتـۆنی v لە کەنـاڵەکەی تـرەوە شـرۆڤە دەکـات. نـازانینی کاتێـک دەردەکەوێت کە کارلێکی لەگەڵ ئامێرێکی پێواندا لەبەرچاو بگرین، کە بە دارمانی دۆخەکەی بە شێوەی هەڕەمەکی دەبێت بە یەکێک لە دوو

جەمسەرگیرییەکان (لایەنگرانی فرەگەردوونی ئەمەیان بە دڵە). بەڵام پێشتر بینیمان کە نادیارییەکی بنچینەیی بە تەواوەتی سەربەخۆ لە کاریگەرییە کوانتەمییەکان لەئارادایە، کە پەیوەندیی بە تێکەڵبوونی بەتینەوە هەیە کە هەمیشە لە پێوانەکاندا بوونی هەیە. ئایا لەگەڵ ئەمەشدا هێشتا پێویستە کە نادڵنیایی پەیوەندیدار بە بڕە کوانتەمییەکان بناسێنرێت؟ وەڵامی **پریگۆگین** "نا"یە. ئەو پێشانی داوە گشتاندنی ئایدیاکەی ئەو بۆ رجێمی کوانتەمی، گرێدراوی تر دەهێنێتە ناوەوە کە نادیاریکراویی پەیوەندیدار بە تێکەڵبوونی بەتین دەگۆڕێت بۆ پرەنسیپی نادڵنیایی کوانتەمی.
جیاوازیی نێوان پێوانەکانی نەشیاو بۆ گەڕانەوە و پرۆسە کوانتەمییە پەتییەکان، پەسەندکردنی هەندێک لە تایبەتمەندییە نائاساییەکانی پرۆسەی کوانتەمی پەتی ئاسان دەکات. ئەگەر گۆڕانی نەشیاو بۆ گەڕانەوەی پەیوەندیدار بە ڕووداوێکی کوانتەمییەوە لەئارادا نەبێت، لەوانەیە جێگەی سەرسوورمان نەبێت، لەوانەیە سەرسوورهێنەر نەبێت کە لە شرۆڤەی ئاسایی وەها پرۆسەگەلێک تووشی کێشە ببین. لەگەڵ ئەوەشدا ئەگەر دەمانزانی فۆتۆن لە کام کەناڵی H/Vوە تێپەڕیوە، گۆڕانێکی نەشیاو بۆ گەڕانەوە و لەوانەشە لە مێشکی ئێمەدا ڕووی دەدا و ئەو پرۆسەیە نەدەکرا بە تەواوەتی شیاو بۆ گەڕانەوە بێت. پرۆسەیەکی کوانتەمی پەتی بەپێی پارامیتەرێک یان کۆمەڵەیەک پارامیتەرەکان ڕوو دەدات، کە لەوانەیە لە پاشماوەی گەردوون و لەوانەشە لە خودی فەزا و کات دابڕابێت و تا ڕوودانی کارلێکی پێوان ڕەفتاری هیچ کاریگەرییەکی لەسەر گەردوون نابێت. لەوانەیە لەو ڕاستییەوە کە تیۆری کوانتەمی لە مەودای نێوان پێوانەکان ناتوانێت زانیاری سەبارەت بە سیستەمە کوانتەمییەکان بدات بە دەستەوە، زۆرتر سەرمان سوور بمێنێت تا لە کۆڵیمان لە پێشکەشکردنی شرۆڤەیەکی وردی ئەم ناوچەیە.

ئێستا دەبینین ئەم تیۆرییانە هەرچەندە بە ڕواڵەت سادە دەردەکەون، هەڵگری گۆڕانێکی بە تەواوەتی شۆڕشگێڕانە لە شێوازی بیرکردنەوەمان سەبارەت بە گەردوونی فیزیایین. بۆ ماوەیەکی دوورودرێژ لە فیزیادا جەخت لەسەر پێوان و تێگەیشتن لە ڕەفتاری تەنۆلکە بنچینەییە نیمچەئەتۆمییەکان دەکرایەوە، کە بڕوا وا بوو پردی بنچینەی سروشتن. هەندێک جار بە شارەوە و هەندێک جاریش بە ئاشکرا دەگوترا دەکرێت ڕەفتاری تەنە ماکرۆسکۆپییەکان، یان تەنانەت هەموو گەردوون، تەنیا بەپێی ئەم تەنۆلکە سەرەتاییانە و کارلێکەکانیان تێبگەین. هەر بۆیە ڕەفتاری گازێکی پێکهاتوو لە وەها تەنۆلکەگەلێک بەپێی یاساکانی شیاو بۆ گەڕانەوەیە، هەموویان دەکرێت بگەڕێندرێنەوە و هەروەها گۆڕانی نەشیاو بۆ گەڕانەوە دەبێت نزیککردنەوەیەک یان وەهمێکە لە ئەنجامی بینینەکانمان لە سکێڵێکی بچووکدا ڕوو دەدات.

پریگۆژین بە تەواوەتی ئەم ڕێگە بۆ بینینی شتەکان پێچەوانە دەکاتەوە، ئەو دەڵێت کە نەشیاو بۆ گەڕانەوەکان، بوونی بنچینەیی هەقیقەتی شتەکانن و ئایدیای جووڵەی تەنۆلکە میکرۆسکۆپییەکان، کە ملکەچی یاساکانی شیاو بۆ گەڕانەوەن، نزیککردنەوەگەلێکن کە تەنیا لە بارودۆخی زۆر تایبەتدا ڕاستن، کە لەودا تەنۆلکەیەک یان کۆمەڵێک تەنۆلکە بە شێوەی کاریگەر لە تەواوی گەردوون دابڕێندراون. سەرنج بدەن کە چەمکە بنچینەییەکان، ڕووداوەکان یان گۆڕانەکانن، نەک ئەو تەنگەلەی ئەم گۆرانانە دروست دەکەن. وشەکانی خودی **پریگۆژن** بۆ شرۆڤەی ئەم گۆڕانە لە بوون (Being) و ببوون (Becoming) بەم شێوەی خوارەوەیە:

"ڕیزبەندیی کلاسیکی ئاوەها بوو: سەرەتا تەنۆلکەکان، پاشان یاسای دووەمی سێرمۆداینامیک- بوون دەکەوێتە پێش ببوونەوە! لەوانەیە ئەگەر بچینە ئاستی تەنۆلکە سەرەتاییەکان وەها نەبێت و لێرەدا پێویست بکات کە سەرەتا یاسای دووەم، پێش ئەوەی توانای

پێناسەی بوونەکانمان هەبێت، بناسێنین. ئایا ئەمە واتای ئەوەیە بوون دەکەوێتە پێش ببوونەوە؟ بێگومان ئەمە لادانێکی گەورە لە شێوازی بیرکردنەوەی کلاسیکی دەبێت. لەگەڵ هەموو ئەمانەدا تەنۆلکەی سەرەتایی، بە پێچەوانەی ناوەکەیەوە شتێک نییە، کە درابێت، بەڵکو دەبێت دروست بکرێت و لەم کارەدا دوور نییە کە ببوون، بەشداریی تەنۆلکەکان لە پەرەسەندنی جیهانی فیزیایی ڕۆڵی گرنگ بگێڕن."

هەرچەندە لەوانەیە ئەم گۆڕانە، لە گۆڕانێکی شۆڕشگێڕانە بچێت، هەر وەک باسمان کرد گۆڕانی سەرەوە لەگەڵ ئەزموونی ئێمە لە گەردوونی فیزیایی بە تەواوەتی دەگونجێت. هەر ئەزموونێک کە هەمانە، بە دڵنیاییەوە سەرچاوەکەی پرۆسەی نەشیاو بۆ گەڕانەوەکانە، کە تێکەڵبوونی بەتینیش لەخۆ دەگرێت، تەنانەت ئەگەر تەنیا بە هۆی ئەو گۆڕانکارییانەوە بێت کە لە مێشکماندا ڕوو دەدا. بەپێی پێناسە ئێمە هیچ ئەزموونێکمان لە ڕووداوە شیاو بۆ گەڕانەوە کوانتەمییە پەتییەکان، کە هەستیان پێ ناکرێت نییە. بەڵام ئەمە بە واتای ئەوە نییە ڕێگەکەی **پریگۆگین**، هەر بەو شێوەی لە بەشی پێنجەمدا باسمان کرد، ئیتر شتێکی بابەتی و زیهنییە. ئەوەی گرنگە بریتی نییە لە ڕووداوە کوانتەمییە پەتییەکان کە هیچ کاریگەرییەکیان لەسەر ئێمە نییە، بەڵکو ئەوەی گرنگە ئەوەیە کە ئەنجامی ئەم ڕووداوانە هیچ گۆڕانێکی هەمیشەیی لە هیچ بەشێکی گەردووندا دروست ناکات. یاساکانی فیزیای کلاسیکی لەسەر ئەم بنچینە پرسیار هەڵنەگرانە بونیاد نراون کە هەرچەندە لەوانەیە ڕووداوەکان شیاو بۆ گەڕانەوە بن، بەڵام هەمیشە دەکرێت لەسەر ئەو شتانەی ڕوویان داوە قسە بکەین. بە هەرحاڵ، تەنانەت تیۆری ڕێژەیی **ئاینشتاین** چەندین جار باسی ناردنی نیشانەگەلێک دەکات، کە بە ڕوونی لە جۆری پرۆسەکانی نەشیاو بۆ گەڕانەوەی پێوانن. لەوانەیە جێگەی سەرسوورمان نەبێت، کاتێک هەوڵ دەدەین سیناریۆیەک دروست بکەین، کە لەودیو ناوچەی بینینە مومکینەکان بێت و بچێتە ناو ڕژێمی

شـیاو بـۆ گەڕانەوەکـان، مۆدێلەکـانی ئـێمە دەگەن بە چەمکەگەلێکـی نائاشنای وەک دوو سروشتی شەپۆل-تەنۆلەکە و ناجێگیریی فەزایی (Spatial Delocalisation) لە تاقیکردنەوە بینراوەکانی EPRدا.

لایەنێکی تری ئەم ڕێگەیە بۆ لێکۆڵینەوە لە بارودۆخی پێوان، بریتییە لەوەی ئـێمە نزیـک دەکـاتەوە بە شـتێک لە شـێوەی لێکـدانەوەی کۆپنهاگن. ئەو کەسانەی بەم ڕێگە فێر کراون، دەزانن کە نابێت بەو هێندانەی کە نەبینراون، بگوترێت هەقیقەت. هەر بۆیە پرسیارگەلێکی وەک ئەوەی ئایا شتێک بە ڕاستی شەپۆلە یان تەنۆلکە، یان ئەوەی ئایا فۆتـۆن°٤٥ بە ڕاستی لە کەنالی Hوە تێپەڕ دەبێت یان Vوە، لە بنەڕەتدا هەرگیز وەڵامیان نییە، هەر بۆیە هیچ خاڵێک لەم پرسیارانەدا نییە. هەمیشە دەبێت جەختکردنەوە لەسـەر پێشبینی و تێگەیشتنی ئەنجامی پێـوان بە هـۆی چاودێرەکـانەوە بێـت. هەر وەک لە چەنـد بەشـی پێشـوودا بینیمـان، پرسـەکە کاتێـک خـۆی پیشـان دەدات کە بمانەوێت لە نێوان چاودێر و تەنی بینراو جیاوازی بکەین. میتۆدی **پریگوژین** بریتییە لەوەی کە ئەمانە جیاواز لە یەکتری نەبینین، بەڵکو جیاوازی لەسـەر سروشتی پرۆسەکان بێت. ئەگەر ئایدیای پێوان بە هۆی چاودێرێکەوە بە لێکدانەوەی کۆپنهاگن بە گۆڕانێکی نەشیاو بۆ گەڕانەوە بزانین، کە لە گەردووندا بە هـۆی تێکەڵبوونی بەتینەوە ڕوو دەدات، ئەوکـات دەکرێـت وەڵامێکـی گونجـاو بـۆ پرسـی پێـوان بدۆزینەوە.

هەڵەیە ئەگەر بگوترێـت هەمـوو ئایـدیای **پریگـوژین**، گەیشـتووە بە ئەنجامێک کە کۆی هەمـوو فیزیاییەکـان بڕوایـان پێیەتـی. لە ڕاسـتیدا زۆرترینـی کارەکـان لە بـوارەکەدا کە لە سـاڵەکانی سـەرەتای ١٠٨٠ هـاتوونەتە ئـاراوەوە و پەرەیـان سـەندووە بە شـێوەی هـاوڕێکی چوونەتە پێش، بەڵام کەمتر ئاوڕیـان لـێ دراوەتەوە. لەگەڵ ئەوەشدا زۆرترینـی بیرکردنەوەکـان هەڵسـەنگاندنەکانی سـەردەمی خۆیـان تێپەڕاند. ئاژاوەی کلاسیکی (Classical Chaos) بـابەتی لێکـۆڵینەوەی

بەرچـــاوە، ئەمە ڕاســـتییە کە نـــاڕێکۆپێکیی زۆر ئـــاڵۆزترە لەوەی پرەنسیپی ئەرگودیک بتوانێت کاری تێدا بکات. بە هەرحاڵ، ئایدیای لێکـــدانەوەی کۆپنهـــاگن و پرەنســـیپی نادڵنیـــایی بـــۆ سیســـتەمە کلاسیکییەکان بە دڵەوە نانووسێت. هۆکارێکی لەوانەیە بگەڕێتەوە بۆ ئەوەی هـیچ نەگـۆڕێکی بنچینەیـی لەئـارادا نیـیە جـێگەی نەگـۆڕەکەی **پلانک** بگرێتەوە.

لە بـاری کوانتەمییـدا و بەتـایبەتی لە چوارچێـوەی پێوانـدا، گرنگیـی نەشیاو بۆ گەڕانەوە بە فراوانـی پەژرێنـراوە. دووبارە، زۆرترینـی ئەم پەرەســەندنانە لەوە دەچێــت لەبــری بەدوای پرەنســیپی **پریگــۆگین** کەوتبێتن، هاوڕێـک لەگەڵیـدا دەچینە پـێش. بە هەرحـاڵ، تیۆرییەکـانی پێـوان، کە بە شـێوەی بنەڕەتـی کـار لەسـەر پرسـی پێـوان دەکەن، لە ساڵانی کۆتایی سەدەی بیستدا هـاتنە ئـاراوە؛ نمـوونەیەک لەم هەوڵانە بـریتییە لە خاڵەکـانی پەل لە تیۆرییەکـانی فرەجیهـانی، کە زۆر جـار پێناسـەکەری گـۆڕانی سـێرمۆداینامیکی نەشیاو بۆ گەڕانەوەن. بەشـی دواتـر قسـە لەسـەر پەرەسـەندنە نوێیەکـان بە وردەکـاریی زیـاترەوە دەکات.

بەشی دەیەم
ئایا دەکرێت بگونجێین؟

نەشیاو بۆ گەڕانەوە کە بە هۆی تێکەڵبوونی بەتینەوە بەهێز کراوە، لە دوو بەشی پێشوودا قسەی لەسەر کرا. ئێمە گەیشتین بەو ئەنجامەی هەر کاتێک ئەم پرۆسانە بکەونە چوارچێوەی پێوانی کوانتەمییەوە، بە کردەوە مومکین نییە تاقیکردنەوەی بەیەکداچوون ئەنجام بدەن، کە پیشانی دەدا سەریەککەوتن (Superposition)ێک لەئارادایە. هەر بۆیە گونجاو دەبێت وای دابنێین لە ڕاستیدا سیستەمەکە دادەڕووخێت بۆ دۆخێک کە گرێدراوە بە یەکێک لە پێشهاتەکانی پێوانەوە. ئایا ئەمە واتای ئەوەیە پرسی پێوان چارەسەر بووە؟ بە ڕوونی ئەمە بۆ هەموو مەبەستە کردەکییەکان چەندین جار لە بەشەکانی پێشوودا ئاماژەی پێ درا. بەڵام لە بنچینەدا لەوە دەچێت ئەمە هێشتا بە تەواوەتی چارەسەرێکی دڵنیاکەر نادات بە دەستەوە، بە تایبەتی ئێمە ئاماژەمان پێ کرد هێشتا وەڵامی پرسی "چی هەقیقەتە؟" وەک لە کۆتایی بەشی هەشتەمدا ئاماژمان پێ دا، لە لا نییە.

لەم بەشەدا ئێمە قسە لەسەر لێکدانەوەیەکی فیزیای کوانتەمی دەکەین، کە لەم ١٥ ساڵەی دواییدا یان لە کۆتایی سەدەی بیستدا پەرەی سەندووە و بەندە لەسەر ئایدیای پرۆسە کوانتەمییەکان بەگوێرەی مێژووە گونجاوەکان (Consistent Histories). وەک دەبینین،

تیۆری بەرئەنجام زۆر شتی هاوبەشی لەگەڵ لێکدانەوەی کۆپنهاگندا هەیە کە لە بەشی چوارەمدا گەنگەشەمان هەبوو لەسەری و بەکار هات بۆ پێوان و ئەمە دەبەستێتەوە بەو دیدگای لە بەشی پێشوودا قسەمان لەسەری کرد، کە لەودا پرۆسە نەشیاو بۆ گەرانەوەکان وەک هەقیقەتی سەرەتایی وەردەگیرا (وەک لە کۆتایی بەشی نۆیەمدا گوتمان، زۆربەی ئەو کارانە وا دەردەکەوێت سەربەخۆن لە رێگەی **پریگۆگین**). بە هەرحاڵ، ئایدیای بنچینەیی کە پێشهاتە نەشیاو بەو گەرانەوەکانی رووداني پێوانێک دەبێت ببێت بە بەشێکی ناوەندی، یان تەنانەت خاڵی سەرەتا، فیزیای کوانتەمی، بەشێکی گرنگە لە نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان.

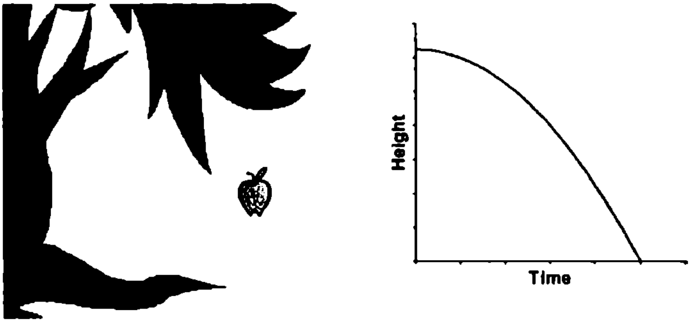
ئێمە بە گەنگەشەیەکی کورت لەسەر واتا و مەبەستی تیۆرییەکی زانستی دەستمان پێ کرد، پێوانەیەکی سوودمەند لەوانەیە بریتی بێت لە نەخشەیەک کە بار دێت بۆ گەشتکردن لە شارێکی سەیردا. هەرچەندە ب ەشێوەی ئاسایی زۆر بچووکترە لەو رووبەرە فیزیایەی پیشانی دەدات، کاتێک پێی دەگوترێت نەخشەیەکی چاک کە مۆدێلێکی دروستی شارەکە پیشان بدات. شەقامەکان و بیناکان بە هەمان شێوەی کە لە راستیدا هەن پەیوەندییان پێکەوە هەیە. بە هەرحاڵ، روونە نەخشەکە هەمان شت نییە کە ئەو زەوییەی پیشانی دەدا لەو زۆر لایەنەوە جیاوازییەکەیان گرنگە. بۆ نموونە، بە شێوەی ئاسایی قەبارەکەیان جیاوازە لەو زەوییەی پیشانی دەدەن و بە شێوەی جۆری لە جیاتی خۆڵ و بەرد لە جەوهەر و کاغەز پێک هاتووە.

تیۆرییەکی زانستی هەروەها مۆدێلێکی هەقیقەتە، جارێ فیزیای کوانتەمی بەجێ بهێڵن، تیۆرییەکی کلاسیکی هەوڵ دەدات مۆدێلێک یان نەخشەیەک لە رووداوە فیزیاییەکان پێشکەش بکات. سادەترین نموونە لەبەرچاو بگرە، سێوێک کە بە هۆی کێشکردنەوە بەر دەبێتەوە، سێوەکە وەستاوە، بەر دەبێتەوە و تاو دەگرێت و کاتێک دەگات بە رووبەری زەوی، دەوەستێت. ئەم زنجیرە رووداوانە

زۆربەی کات پێی دەگوترێت مێژوو و فیزیاییەکان نەخشەی ئەم مێژووە بە بەکارهێنانی میکانیکیی نیوتنی دەکێشن. دوو جۆر زانیاری بۆ بونیادنانی ئەم نەخشەیە پێویستە: یەکەم، بریتییە لەو زانینەمان کە هەموو تەنەکان لە ژێر کاریگەریی کێشکردندا تاو دەگرن، لە کاتێکدا دووەمی بریتییە لە شوێن و خێراییی سەرەتایی. بە زانینی ئەم دووە، ئێمە دەتوانین هەژماری بکەین تەنۆلکە بە چ خێراییەک دەجووڵێت و دوای ماوەیەک چەندێک بەر بووەتەوە، ئەمە لە وێنەی ١٠:١ پیشان دراوە.

بۆ بونیادنانی ئەم نەخشە، نەختێک ماتماتیکمان پێویستە، بەڵام هەرچەندە سێوی ڕاستەقینە ناکرێت بە هەژمارکردنی ماتماتیکیی سادە کاری لەسەر بکرێت، بەڵام هێشتا ئەویش لە کاتێکی پێشبینیکراودا دەگات بە زەوی.

نموونەیەکی تر، جووڵەی هەسارەی عەتارودە بە دەوروبەری خۆردا، کە بۆ دروستکردنی نەخشەکەی پێویست دەکات هاوکێشەکانی ڕێژەیی گشتی بەکار بهێنین. ئەمە تا ئەو کاتەی کارەکەی **ئاینشتایین** لە سەرەتای سەدەی بیستدا هاتە ئاراوە نەناسراو بوو، هەڵبەت هێشتا تەنگەژەی تێگەیشتن بۆ پسپۆڕەکانی ئەو بوارە هەیە، هەرچەندە عەتارود کێشەی لەسەر ڕێچکەکەی، پێش دەرکەوتنی **ئاینشتایین** نەبوو! ئامانجی زانست بریتییە لە دروستکردنی وردترین و دروستترین نەخشە بۆ هەقیقەتی فیزیایی تا ئەو جێگەیەی دەکرێت.



*وێنەی ١٠:١: ئێمە دەکرێت لە یاساکانی **نیوتن** سوود وەربگرین بۆ بونیادنانی گرافێک نەخشەی جوولەی سێوێک کە سەربەستانە لە دارێک دەکەوێتە خوارەوە.*

ئەمە پێویستی بە سوودبینینی بەرفراوان لە ماتماتیک، کە بەکاردێت بۆ بنیادنانی نەخشەیەکی هەقیقەت؛ بەڵام نەخشەکە خۆی لەخۆیدا هەقیقەت نییە.

ڕوونە، پێویستە کە ئێمە نەخشەیەکی گونجاو بۆ ئەو بارودۆخە فیزیایەیی بەدواداچوونی بۆ دەکەین، هەڵبژێرین، نەخشەیەک کە بەپێی تیۆری **ماکسوێل** بۆ کارۆموگناتیسی بێت، زۆر بۆ سێوی بەرەوەبوو بە هۆی هێزی کێشکردنەوە سوودمەند نییە. تەنانەت ئەگەر ئێمە نەخشەیەک بەپێی یاساکانی نیوتن هەڵبژێرین، هێشتا ناچارە گونجاو بێت. بۆ نموونە، دەبێت کاریگەریی بەرگریی هەوا پیشان بدات، مەگەر ئەوەی سێوەکەی ئێمە لە بۆشاییدا بەر بووبێتەوە. کاتێک ئێمە نەخشەکانی جیهانی کوانتەمی دروست دەکەین، دەبینین هەڵبژاردنی نەخشەیەکی گونجاو بۆ ئاسانکاری لە چوارچێوەیەکی تایبەتدا چەند گرنگە.

بۆیە لە باری کوانتەمیدا ئێمە دەکرێت چی جۆر نەخشەیەک بونیاد بنێین؟ خاڵی سەرەکی لە نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکاندا بریتییە

لەوەی کە یەک تاکە نەخشە بۆ جیهانی کوانتەمی نییە. لەبری ئەوە تیۆری کوانتەمی ژمارەیەک نەخشە دەخاتە بەردەست، کە بەندە لەسەر چوارچێوەکە یان تەنانەت ئەنجامی تاقیگەیی و لەوانەیە ئەگەر سیستەمەکە بەند بێت لەسەر کات، بگۆڕێت. ئەگەر کەمێک بەراوردکردنەکەمان پێش بخەین، لەوانەیە بڵێین فیزیای کوانتەمی ئەو توانایەمان پێ دەدات کە کتێبی نەخشە بونیاد بنێین و دەبێت تەماشای ئەو لاپەڕەیە بکەین کە گونجاوە بۆ ئەو دۆخە تایبەتەی ئێمە لەبەرچاوی دەگرین. بە چاوپۆشیکردن لە ئیمکانی بگۆڕە شاراوەکان، شتێک کە ئێمە دەیزانین بریتییە لەوەی کە نەخشەی کوانتەمی ناکرێت هەرگیز بە شێوەیەک دابڕێژرێت، کە هەڵگری هەردوو شوێن و خێرایی بە هاوکاتی بێت یان هەردوو جەمسەرگرییەکانی H/V و ∓٤٥° فۆتۆنێکمان پێ بڵێت. ئەو نەخشانەی کە لایان وایە دەتوانن ئەمە بکەن، بەو هۆکارەی بە کورتی ڕوون دەکرێنەوە و لەم نزیکبوونەوەدا قەدەغەن، پێیان دەگوترێت نەگونجاو.

وەک نموونەیەک جارێکی تر نموونەی فۆتۆنی جەمسەرگیراو لەبەرچاو بگرن، ئێمە دەزانین، کە دەکرێت فۆتۆن لە ئامێرێکی H/Vوە تێبپەڕێنین و ببینین کە لە کام یەک لە دۆخەکانی h یان vوە تێپەڕ دەبێت، یان لە جەمسەرگر و هەستەوەرێکی ∓٤٥°وە تێبپەڕێنین و بزانین لە کام لە دۆخەکانی ٤٥°− و ٤٥°+دایە. یان بە ڕاستی دەکرێت ئێمە جەمسەرگرەکە بە هەندێک ئاراستەی تردا دابنێین و ببینین دووبارە دوو پێشهاتی مومکینی ترمان دەبێت. لە نەبوونی ئەم پێوانانەدا ئایا دەکرێت هیچ لە دەربارەی جەمسەرگیریی فۆتۆنەوە بڵێین؟ نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان بۆ بابەتەکە، وەڵامی ئەرێ بۆ ئەم پرسیارە دەداتەوە. جەمسەرگیریی فۆتۆنێکی دابڕاو دەکرێت وەک بوون لە h یان v یان هەر ٤٥°+ یان ٤٥°- یان هەر هاوڕێک و ستوون لەسەر ئاراستەیەکدا. هەر دۆخێکی مومکینی فۆتۆن بە مێژوو پیشان دەدرێت و کۆمەڵەیەکی جێگرەوە وەک h یان v ناسراوە بە

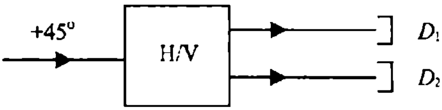
مێژووە گونجاوە خزمەکان (Consistent Family of Histories).
بە پێچەوانەوە، ئەگەر ئێمە بڵێین کە فۆتۆنێک لە هەر کام لە h یان ٤٥°+دایە، ئەمە دەبێت بە هۆی دروستبوونی مێژووە خزمە نەگونجاوەکان، چونکە ئەگەر لە کاتێکدا و لە هەندێک خاڵدا ئەو یەکێک لەم تایبەتمەندییانەی هەبێت، لە هەمان خاڵ و کاتدا بوونی ئەوانی تر بێواتا دەبێت (بڕوانە بەشی چوارەم). ئەمە ڕێسایەکی ئەم لێکدانەوەیە کە تەنیا مێژووە خزمە گونجاوەکان ڕێگەپێدراون. لە درێژەدان بە بەراوردکردنی پێشوومان، هەموو لاپەڕەیەک لە کتێبی نەخشەکاندا هەڵگری کۆمەڵێک مێژووی گونجاوە؛ ئێمە دەکرێت هەر کام لەم نەخشانە کە زۆرترین سوودمەندیی بۆ شرۆڤەی بارودۆخە کوانتەمییەکە هەڵبژێرین، بەڵام لە یەک کاتدا تەنیا یەک نەخشە.
لە نموونەی سەرەوەدا، ناسینەوەی ئەوەی کام لە مێژووەکان گونجاون، تا ڕادەیەکی زۆر ڕوونە، بەڵام هەمیشە بەو ئاسانییە نییە. بە هەرحاڵ، هەڵسەنگاندنێکی گشتی بۆ گونجان دەکرێت لەسەر بنچینەی هەژمارکردنی ئەگەری مێژووە جیاوازەکان، کە بە شێوەی زاتیی هەمان تایبەتمەندیی ئەگەرەکانیان هەیە ئەنجام بدرێت. بەتایبەتی ئەگەری پێکەوەبەستراوەی دوو مێژوو لە خزمە گونجاوەکان دەبێت کۆی ئەگەری دانەبەدانەیان بێت. بۆ نموونە فۆتۆنێک لەبەرچاو بگرە، کە لە جەمسەرگرێکی لە دۆخی ٤٥°+دا دەردەچێت. ئەگەر ئێمە دووبارە پێوان لەسەر جەمسەرگیریی ٤٥°∓ ئەنجام بدەین، دووبارە بە دڵنیاییەوە ٤٥°+، هەر بۆیە ئەگەری ئەمە یەکسانە بە یەک و ئەگەری مێژووە ئەلتەرناتیڤەکەی ٤٥°- بریتییە لە سفر. ئەگەری پێکەوەبەستراو (Joint Probability)، ئەگەری هەر کام لە ٤٥°+ و ٤٥°- بریتییە لە ١=٠+١. ئەگەر لەبری ئەمە، بێین و پێوانی H/V ئەنجام بدەین، کە وا بوو h یان v دەدۆزینەوە، کە هەر کامیان ئەگەرکەی ½ە، ئەگەر تەنیا ئەم پێشهاتانەمان هەبێت، ئەگەری

پێکەوەبەستراوی h یان V یەکسان دەبێت بە یەک. چونکە $١ = \frac{١}{٢} + \frac{١}{٢}$ ، کە وا بوو h و V خزمی گونجاو دروست دەکەن. بە پێچەوانەوە، ئەگەر یاسا ئاساییەکانی ئەگەر بۆ پێشهاتەکانی ‎+٤٥°‎ یان h بەکار بهێنین، دەگەین بەو ئەنجامەی ئەگەری پێکەوەبەستراو دەبێت بە $١ + \frac{١}{٢} = ١\frac{١}{٢}$، کە دیارە گەورەترە لە یەک، کە وا بوو بێواتا دەبێت وەک ئەگەر قسەی لەسەر بکرێت. ئەم خزمانە پێیان دەگوترێت نەگونجاو و لە لێکدانەوەی مێژووە گونجاوەکاندا قەدەغەن. فۆرمالیزمی تیۆری فیزیای کوانتەمی ئەو هەلەمان بۆ دڕەخسێنێت ئەگەرەکان هەژمار بکەین و هەڵسەنگاندن بۆ گونجان لە باری زۆر گشتیدا بکەین، کە ژمارەی مێژووەکان لە ناو بنەماڵەیەکدا زۆر زیاتر لەو دوو دانە بێت کە پێشتر باسمان کردن، هەروەها دەکرێت هەژمار بکرێت، کە بەپێی کات چۆن دەگۆڕن.

بۆ تێگەیشتن لە چۆنێتیی نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان سەبارەت بە پرسی پێوانی کوانتەمی، جارێکی تر فۆتۆنێکی جەمسەرگیراوی ‎٤٥°‎ کە دەچێتە ناو جەمسەرگرێکی H/Vوە لەبەرچاو بگرە، دوای ئەوەی دەرکەوت لەم کەناڵ یان ئەوی تریانەوە دەرچووە (وێنەی ٢:١٠). لە سەرەتاوە، نەخشەیەکی گونجاو شرۆڤەی فۆتۆنێکی جەمسەرگیراوی ‎+٤٥°‎ دەکات کە لە چەپەوە بۆ ڕاست دەچێت و لەم بارودۆخەدا تەنیا یەک مێژووی مومکین هەیە. ئێستا فۆتۆنەکە لە جەمسەرگرەکەوە تێدەپەڕێت. کاتێک دێتە دەرەوە، بەڵام پێش ئەوەی هەستی پێ بکەین، ئێمە هەڵبژارنێکمان لە بنەماڵە گونجاوەکان هەیە: دەکرێت فۆتۆنەکە لە دۆخی سەریەککەوتنی دوو مێژووەکەدا بێت، کە لە یەکێکیاندا بە شێوەی جەمسەرگری ئاسۆیی و لەوی تریاندا بە شێوەی جەمسەرگیریی ستوونییە. بوونی هەستەوەرەکان واتای ئەوەیە کە تەنیا نەخشەی H/V پەیوەندیی بەو بارەوە هەیە کە فۆتۆنەکە لەم کەناڵ یان ئەوی تر هەستی پێ دەکرێت

(وەبیرت بێنەوە لێکدانەوەکە ئەو هەلەمان دەداتێ کە بنەماڵە گونجاوی پەیوەندیدار بەو بارودۆخەی لەبەرچاوی دەگرین بەکار بهێنین).
سەرئەنجام، کاتێک فۆتۆنەکە هەستی پێ کرا، بۆ نموونە لە کەناڵی Hوە مێژووە پەیوەندیدارەکە گرێدراوە بەم پێشهاتەوە. لە پێشدا نازانین کام مێژووە شرۆڤەی هەقیقەت لەم قۆناغە کۆتاییەدا دەکات، هەرچەندە دەتوانین ئەگەرە ڕێژەییەکان بە ڕێگەیەکی ستاندەر پێشبینی بکەین (٥٠ بە ٥٠ لەم نموونەیەدا، بڕوانە بەشی دووەم بۆ نموونەی گشتگیرتر). ئەمەیە پێمان دەڵێت چۆن نازانایی لە ناو مۆدێلێکی بەند لەسەر مێژووەکان دروست دەبێت.
دەکرێت مێژووی دۆخە جیاوازەکان لەگەڵ یەکتریدا ئاوێتە بکرێت بۆ ئەوەی مێژوو گەلێک دروست بکرێت کە هەموو پرۆسەکان بە دۆخی هەستەوەرەکانییش لە هەر قۆناغێکدا لەخۆ بگرێت. لە نموونەی ئێستادا، ئەمە دەگات بە بنەماڵەیەکی گونجاو لە دوو مێژووی مومکین، کە لە خشتەی وێنەی ٢:١٠دا شرۆڤە کراوە. لە پێشدا ئێمە پێشهاتی پێوانەکان دەزانین، دەکرێت ئەو مێژووەی پێشاندەریەتی هەڵبگرین و ئەوی تر لا بدەین. ئایا ئەمە واتای ئەوەیە، وەک چۆن لە بەشی پێنجەمدا گەنگەشەمان لەسەری کرد، ئێمە هەموو شتێک لەسەر ئەزموونی هۆشیاریمان دەنەخشێنین؟ نا بەگشتی! زانینمان پێمان دەڵێت کام مێژوو دەبێت بهێڵدرێتەوە (بۆ نموونە کام نەخشە دەبێت بەکار بهێنین)، بەڵام هەقیقەتی فیزیایی، کە مێژووەکە نییە، ناکەوێتە ژێر کاریگەرییەوە.
لایەنێکی گرنگ و لەهەمان کاتدا گەنگەشاوی لێکدانەوەی مێژوو گونجاوەکان، بریتییە لەوەی کە کاتێک گۆڕانێکی نەشیاو بۆ گەڕانەوە ڕوو دەدات، پێشهاتە جیاوازەکان (یان پەلەکان بە زمانی بەشی سێیەم) کۆمەڵەیەکی گونجاو لە مێژووەکان دروست دەکات. سەرەڕای ئەو ڕاستییەی کە ئەوان تەنیا کاتێک هەڵسەنگاندنی ئەگەری

پێکەوەبەستراوە تەواو دەکەن، وەک چۆن لەبەمشی هەشتە و نۆیەمدا باس کرا، ئەگەر گۆڕانەکان بە تەواوەتی نەشیاو بۆ گەڕانەوە بن.



1	+45°, D_1,D_2	h, D_1,D_2	h, D_1*,D_2
2	+45°, D_1,D_2	v, D_1,D_2	v, D_1,D_2*

وێنەی ٢:١٠: فۆتۆنێک بە جەمسەرگیریی ٤٥°وە لە جەمسەرگرێکی H/Vوە تێدەپەڕێت و لە دواییدا بە هۆی D١ یان D٢وە دەردەخرێن. خشتەکە دۆخی فۆتۆنێک و هەستەوەرەکان لە هەر قۆناغێکی مومکینی دوو مێژووە گونجاوەکە دەدات بە دەستەوە. ئەستێرەکە پیشاندەری ئەوەیە کە هەستەوەرەکە فۆتۆنێکی تۆمار کردووە.

\

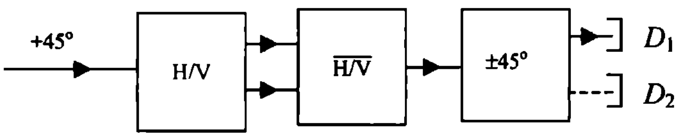
ئێمە لە بەشی هەشتەمدا بینیمان کە هەر سیستەمێکی ئەرگۆدیک هەمیشە ئەگەرێکی ئێجگار زۆر بچووکی گەڕانەوەیەکی پوانکارەی هەیە و ئەمە لە لادانی زۆر بچووک لە گونجانی نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکاندا ڕەن گدەداتەوە. ئێمە دەبێت چاوپۆشی لەمە بکەین یان وای دابنێین پرۆسەگەلێکی وەک تێکەڵبوونی بەتین (بڕوانە بەشی نۆیەم) لە ڕاستیدا بە وردی زۆرەوە بەرەو سفر دەڕوات. کە وا بوو دەکرێت نەخشەیەک بەکار بهێنین کە دۆخی کۆتایی نموونەکەی سەرەوە یەکێکە لە مێژووەکانی سەرەوەی گرێدراو بە فۆتۆنەکانی h یان v، کە بەڕیز لە کەناڵەکانی H و Vوە دەردەچن. کە وا بوو بە بەکارهێنانی ئەم نەخشەیە ئێمە دەکرێت تاقیکردنەوەکە وەک کۆمەڵەیەکی پێشهاتە پێناسەکراوە مومکینەکان لێک بدەینەوە، کە هەر کامێکیان ئەگەرێکی پێ بدەین. ئەم نزیکبوونەوەیە بۆ پرسی

پێـوانی کـوانتەمی گرنگیـی سـەرەکی دەدات بە گـۆڕانە نەشـیاو بـۆ گەڕانەوەکانی پەیوەندیدار بە پێوانەوە. هەروەها سـەرنج ڕادەکێشـین بـۆ پەیوەنـدیی نێـوان ئەم لایەنەی فەلسـەفەی بنچینەیـی لێکـدانەوەی مێـژووە گونجاوەکـان و ئایـدیاکانی **پریگـوژن** کە لە بەشـی نۆیەمـدا قسبـەمان لەسـەری کـرد. بە هەرحـاڵ، تەنـانەت لە نەبـوونی پێوانـدا، ڕێگەی مێژووە گونجاوەکان شرۆڤە مومکینەکانی هەقیقەت سنووردار دەکـات بـۆ ئەوانەی لە نـاو بنەمـاڵە گونجـاوە پەیوەندیدارەکانـدان. سەبارەت بەمە پەرەپێدانی لانیکەم بووناسییەکی بەشەکی بۆ جیهانی کوانتەمی فەراهەم دەکات.

دەبێت ڕوون بێت کە ڕێگەی مێژووە گونجاوەکان هاوبەشیی زۆری لەگەڵ لێکـدانەوەی کۆپنهاگنـدا هەیە کە لە بەشـی چوارەمـدا قسـەی لەسـەر کـرا. ئایـدیای بنچینەیـی بنەمـای ئەم نزیکبـوونەوەی ئێسـتا بـریتییە لەوەی کە سـەنگچنی تیۆرییەکەمـان (یـان نەخشـە) کاتێـک دەبەسترێتەوە بە هەقیقەتێکی فیزیاییەوە کە هەڵگری بنەماڵەی مێژووە گونجاوەکـان بێـت، کە ئەگەرەکانیـان پـێ دەدرێـت. ئەمە هەڵگـری ئەو پرەنسـیپەی کۆپنهـاگنیش هەیە، کە هەقـیقەت بـریتییە لە ئەنجـامی تاقیکردنەوەکـان، بەڵام ئەنجـامەکەی گشـتیتر و عەینیتـرە. بـاوەڕەکەی **نیلـز بـۆر**، کە ڕێکخسـتنی تـاقیگەییە خەسـڵەتە مومکینەکـان دیـاری دەکـات، لەوانەیە سیسـتەمێکی کـوانتەمی جـارێکی تـر بە شـێوەی ڕێسایەک دەربـبڕدرێتەوە کە هەموو مێژووە مومکینەکانی پەیوەندیـدار بە بـارودۆخێکی تـایبەتەوە دەبێـت خـانەوادەیەکی گونجـاو دروسـت بـکەن. وەک بینیمـان ئەمە دەکرێـت لەبـری دادوەری بابەتیـانە ڕاستەوخۆ لە هاوکێشـەکانی فیزیـای کـوانتەمەوە بەدەست بهێنـدرێت. لەگەڵ ئەوەشـدا، نەخشـەکە بە تەواوەتـی دروسـتکراوی ئـێمەیە؛ زۆرترینـی گرێـدراوە بەوەی چـۆن ئـێمە بیـر لە پرسـەکە دەکەینەوە، لەبری ئەوەی بە ڕاسـتی چـی ڕوو دەدات. زۆر دوور لە ڕۆحـی **بـۆر** ئـێمە هەوڵ نـادەین بە ڕوونـی شـرۆڤەی ئەو پرۆسـانە بکەیـن کە لە

پرەنسیپدا شیاوی بینین نین. بە هەرحاڵ، جیاوازییەکی گرنگی نێوان نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان و لێکدانەوەی کۆپنهاگن بریتییە لەوەی کە پێشووتر بەند نییە لەسەر پێناسەی پێوان. وەک باسمان کرد، تەنانەت سیستەمێکی کوانتەمی دابڕاو، کە لەودا هیچ پێوانێک ڕوو نادات، دەکرێت بە هۆی بنەماڵەی مێژووە گونجاوەکانەوە شرۆڤە بکرێن. بۆ شرۆڤەی زیاتری ئەم ئایدیایە، دوو نموونەی زیاتر لەبەرچاو دەگرین (بڕوانە وێنەی ٣:١٠ و ٤:١٠). یەکەم بریتییە لەو بارودۆخەی کە فۆتۆنێکی ٤٥° لە شیکارکەرێکی H/V، دابەشبوونی یەکەم، هەروەک لە بەشی چوارەمدا باسمان کرد بەهۆی ڕێکخستنی دووەمەوە دەبێتەوە بە خۆی و ئەمە لە دواییدا دەچێتە پێوانێکی ∓٤٥°. مێژووە گونجاوەکان لەم بارەدا لە وێنەی ٣:١٠ پیشان دراوە. با مێژووی یەکەم بە وشە دەرببڕین، فۆتۆنەکە لە دۆخی ٤٥°+وە دەست پێ دەکات کە سەریەککەوتنی $h+v$ لەخۆ دەگرێت و دەگەڕێتەوە بۆ دۆخێکی ٤٥°+، هیچ کام لە هەستەوەرەکان فۆتۆن تۆمار ناکەن تا دۆخی کۆتایی، کە یەکێک لە هەستەوەرەکان پێشهاتی پێوانێک تۆمار دەکات. ئاگادارتان دەکەینەوە، کە لە باری تایبەتیی پیشاندراو لە وێنەی ٣:١٠دا ئەگەری مێژووەکان بە ڕێز ١٠٠% و ٠%ن، بەڵام ئەگەر جەمسەرگری کۆتایی ئاڕاستەکەی جیاواز بێت، ئەم ئەگەرانەش دەگۆڕێن. بە هەرحاڵ، ئەگەر ئێمە بە شێوەی جیاواز هەستەوەرەکان ڕێک بخەین، ناچار دەبین مێژووەکانیش بگۆڕین (بەکارهێنانی لاپەڕەی جیاواز لە کتێبی نەخشەکان). بۆ نموونە، هەستەوەرێکی $D_٣$ لە نێوان دوو جەمسەرگرەکەی H/Vدا دابنێ. وای دابنێ کە $D_٣$ هەل دەدات فۆتۆنەکە تێبپەڕێت و پەیامەکەی تۆمار بکات، ئێمە ئیتر ئێستا بنەماڵەیەکی چوار مێژوویمان دەبێت، کە گرێدراون بە چوار پێشهاتە مومکینەکەوە، کە لە خشتەکەدا پیشان دراون، ئەگەری پەیوەندیدار بە هەر مێژوویەکەوە یەکسانە بە ٢٥٪.

وەک شرۆڤەیەکی کۆتایی، وای دادەنێین پێوان لەسەر ئەو جووتە فۆتۆنە دەکەین کە لە بەشی سێیەمدا قسەمان لەسەری کرد. ئەو شتەی لەوێ گوتمان لێرە بە نوێکراوی باسی دەکەینەوە، جووتێک فۆتۆن لە سەرچاوەیەکەوە دەردەچن و هەڵگری تایبەتمەندییەکن، کە جەمسەرگیرییەکەیان هەمیشە ستوونە لەسەر یەکتری. مەبەستمان ئەوەیە ئەگەر جەمسەرگیریی H/V دوو فۆتۆن بپێورێت، هەمیشە ئەگەر یەکێک لەوان لە hدا بێت ئەوتریان حەتمەن لە Vدا دەبێت. پرسیارەکە ئەمەیە، چۆن یەکێک لە فۆتۆنەکان دەزانێت ئێمە لەسەر ئەوی تر تاقیکردنەوەمان کردووە و نایەکسانیی بێڵ دژبەیەکی لە نێوان پێشبینییەکانی فیزیای کوانتەمی و هەر مۆدێلێکی تر کە بەند بێت لەسەر بگۆڕە لۆکاڵییە شاراوەکان دەردەخات؟



1	+45°,D_1,D_2	$h+v$, D_1,D_2	+45°,D_1,D_2	+45°,D_1,D_2	+45°,D_1*,D_2
2	+45°,D_1,D_2	$h+v$, D_1,D_2	+45°,D_1,D_2	−45°,D_1,D_2	−45°,D_1,D_2*

وێنەی ٣:١٠: کرداری جەمسەرگری یەکەمی H/V بە هۆی دووەمەوە پێچەوانە دەبێتەوە، هەر بۆیە جەمسەرگیریی سەرەتایی ٤٥°+ بە نەگۆڕی دەمێنێتەوە. ئەمە لە مێژووە گونجاوەکاندا ڕەنگ دەداتەوە: لەم نموونەیەدا، مێژووی دووەم ئەگەرەکەی سفرە. مەبەست لە $h+V$ بریتییە لەوەی فۆتۆنەکە لە دۆخی سەریەککەوتنی h لە کەناڵی H و V لە کەناڵی Vدایە.

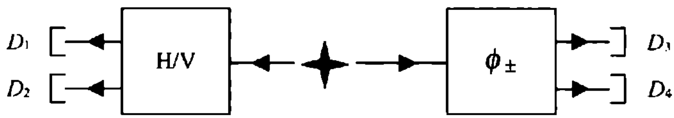
تاقیکردنەوەیەک لەبەرچاو بگرە وەک وێنەی ١٠:٤ بێت، کە لەودا جەمسەرگیریی H/V لەسەر فۆتۆنێک دەپێورێت و جەمسەرگیرییەک

هاورپێک یان ستوون لەسەر ئاراستەیەک بە گۆشەی $\emptyset$ بەگوێرەی ئاسۆیە، لەسەر ئەوی تریان دەپێورێت. ئێمە دوو تەنۆلکەو چوار هەستەوەرمان هەیە و بنەماڵەی چوار مێژووەکە لە وێنەی ٤:١٠دا پیشان دراوە.

بە گەڕانەوە بۆ گەنگەشەکانی بەشی سێیەم، ئەگەر بۆ ئەم چوار مێژووە دەبێت بەم شێوە بێت:

$(١)\frac{١}{٢}COS^{٢}\emptyset\ (٢)\frac{١}{٢}sin^{٢}\emptyset\ (٣)\frac{١}{٢}sin^{٢}\emptyset\ (٤)\frac{١}{٢}COS^{٢}\emptyset$

پێمان گوتن کە کۆی ئەم چوار بڕە، ئەگەر وەک چاوەڕوان دەکەین بنەماڵەی گونجاو بن یەکسانە بە یەک. ئەگەر ئێمە بێین بڕی $\emptyset$ بگۆڕین، هاوکات گۆڕان لە مێژووە گرێدراوەکانیشدا ڕوو دەدات، بەڵام جارێکی تر جەخت دەکەینەوە ئەم کردارە هەڵگری هیچ گۆڕانێکی فیزیایی بۆ سیستەمەکە نییە، تەنیا زانیاریمان دەداتێ کام نەخشە بەکار بهێنین.



وێنەی ٤:١٠: جووتەکانی فۆتۆن، کە جەمسەرگیرییەکانیان ناسراوە بەوەی ستوونن لە سەرچاوەیەکەوە لە نێوان دوو جەمسەرگرەکەوە دەردەچن. مێژووە گونجاوەکان دوای ئەوەی فۆتۆنەکان لە جەمسەگرەکانەوە تێپەڕین بریتیین لە:

	Before LH measurement	After LH, but before RH, measurement	After both measurements
1	h, ϕ_+, D_1,D_2,D_3,D_4	h, ϕ_+, D_1*,D_2,D_3,D_4	h, ϕ_+, D_1*,D_2,D_3*,D_4
2	h, ϕ_-, D_1,D_2,D_3,D_4	h, ϕ_-, D_1*,D_2,D_3,D_4	h, ϕ_-, D_1*,D_2,D_3,D_4*
3	v, ϕ_+, D_1,D_2,D_3,D_4	v, ϕ_+, D_1,D_2*,D_3,D_4	v, ϕ_+, D_1,D_2*,D_3*,D_4
4	v, ϕ_-, D_1,D_2,D_3,D_4	v, ϕ_-, D_1,D_2*,D_3,D_4	v, ϕ_-, D_1,D_2*,D_3,D_4*

	Before first polariser	Between the H/V polarisers, but before D_3	Between the H/V polarisers, but after D_3	Between the H/V and ±45° polarisers	Between the ±45° polarisers and the detectors	After detection
1	+45°,D_1,D_2,D_3	h, D_1,D_2,D_3	h, D_1,D_2,D_3*	h, D_1,D_2,D_3*	+45°,D_1,D_2,D_3*	+45°,D_1*,D_2,D_3*
2	+45°,D_1,D_2,D_3	v, D_1,D_2,D_3	v, D_1,D_2,D_3	v, D_1,D_2,D_3	+45°,D_1,D_2,D_3	+45°,D_1*,D_2,D_3
3	+45°,D_1,D_2,D_3	h, D_1,D_2,D_3	h, D_1,D_2,D_3*	h, D_1,D_2,D_3*	–45°,D_1,D_2,D_3*	–45°,D_1,D_2*,D_3*
4	+45°,D_1,D_2,D_3	v, D_1,D_2,D_3	v, D_1,D_2,D_3	v, D_1,D_2,D_3	–45°,D_1,D_2,D_3	–45°,D_1,D_2*,D_3

که وا بوو، تەنانەت کاتێک ئاڕاستەی پێوان لە لایەکدا بە خێرایی و بە فراوانی، وەک تاقیکردنەوەی **ئاسپێکت**، دەگۆڕێت (بڕوانە وێنەی ٣:١٠)، هیچ پەیوەندییەکی فیزیایی لە نێوان فۆتۆنەکاندا لەئارادا نابێت: هەموو ئەوی پێویستە بریتییە لەوەی کە ئێمە ئەو نەخشە دەگۆڕین کە بەکاری دەهێنین، هەر بۆیە بۆ ڕێکخستنێکی نوێ هەمیشە هەڵگری مێژووە گونجاوەکانە. با وەلامەکەی **بۆر** بۆ گوتارە زانستییە سەرچاوەییەکەی EPR لێرەدا بهێنینەوە (بڕوانە بەشی سێیەم):

لە بنەڕەتدا پرسیار لەسەر کاریگەریی بارودۆخەکە، کە جۆرە مومکینەکانی پێشبینی سەبارەت بە ڕەفتاری داهاتووی سیستەمەکە دیاری دەکات لەئارادایە...

ئەو نموونانەی ئێمە گەنگەشەمان کردن، هەموویان لایەنە بنچینەییەکانی نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان بۆ پێوانی کوانتەمی پیشان دەدەن. بنەماڵەی مێژووە گونجاوەکان، بەتایبەتی ئەوانەی پەیوەندیدارن بە گۆڕانی نەشیاو بۆ گەڕانەوە، بریتین لە پیشاندانە مومکینەکانی هەقیقەت، کە لەوانەیە ئەوانە بن بە ڕاستی ڕوو دەدەن. تەنانەت ئەگەر هیچ پێوانێکیش لەئارادا نەبێت، ئێمە هێشتا دەتوانین، هەقیقەت بدەین بە مێژوەکانی ناو بنەماڵە گونجاوەکان (لانیکەم کەمێک بە گوڕانەوە).

بەهەقیقەتکردن

جیا لەوەی پرسی پرۆسە نەشیاو بۆ گەڕانەوەکان دەگەن بە تەواوەتی بە مێژووە گونجاوەکان، لەوانەیە زەمینەی تر هەبن کە بۆ لێکدانەوەی مێژووە گونجاوەکان تەنگەژە دروست بکەن. بۆ تێگەیشتن لەمە جارێکی تر دەچینەوە بە هەندێک لە ئایدیاکان سەبارەت بە سروشتی تیۆرییەکی کوانتەمی کە لە سەرەتای ئەم بەشەدا هێنامانە ئاراوە. ئێمە جیاوازیمان کرد لە نێوان مۆدێلەکەمان (نەخشەکەمان) لە هەقیقەت و هەقیقەت لە خۆیدا: سێو لە ژێر کاریگەریی کێشکردن بەر

دەبێتەوە بێ ئەوەی هیچ ماتماتیکێک بەکار بهێنێت! بە هەرحاڵ، لەم نموونەیەدا گرێدراوییەکی یەک بە یەک لە نێوان هەر کام لە پارامیتەرەکانی تیۆرییەکەمان و لایەنێکی هەقیقەت هەیە: زەوی بوارێکی کێشکردن بەرهەم دەهێنێت، کە بە هەقیقەت لەوێیە و تەنێک کە بەرسەڤی دەداتەوە. هەموو زانیارییەکانی پێویست بۆ ئەم کردارە لە دەرەوەیە لە جیهانی فیزیایی و هەژمارکردنەکانی ئێمە ڕێگەکەمانە بۆ پێشاندانی ئەمە. بە پێچەوانەوە، ژمارەیەک مێژووی مومکینی تر لە باری کوانتەمیدا هەیە، کە لەوانەیە یەکێک لەوان گرێدراو بێت بە هەقیقەتەوە، بەڵام لە نەبوونی پێواندا ئێمە ناتوانین بزانین کامیانە.

پرسیارێکی گرنگ لێرەدا ئەوەیە چۆن مێژووە گونجاوەکان پرسی پێوان، کە لە بەشی چوارەمدا باس کرا، چارەسەر دەکات. جارێکی تر نموونە سەرەتاییەکە کە لە وێنەی ٢:١٠دا ڕوون کراوەتەوە، لەبەرچاو بگرن. ئەگەر ئێمە هەموو سیستەمەکە بە سیستەمێکی کوانتەمی دابنێین، لەوانەیە بە باشی پێشبینی بکەین کە دۆخە کۆتاییەکەی لەبری ئەوەی دابڕووخێت بۆ ئەم یان ئەو دۆخ، لە سەریەککەوتنی h، D١*، D٢ و ٧، D١ و D٢* بێت. سەریەککەوتنێکی وەها مێژوویەکی گونجاوە، کە وا بوو چۆن پرسی پێوان بە نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان چارەسەر دەبێت؟ ئەوەی جێگەی سەرنجە بەشەکەکانی سەریەککەوتن لە هەمان کاتدا مێژوون و ئەندامی بنەماڵە گونجاوەکانن. ئێمە لەبری سەریەککەوتن، ئەم بنەماڵە بەکار دەهێنین، چونکە ئێمە بە هۆی ئەزموونمان لەو ڕاستیەی کە هەستەوەرەکان هەمیشە بە تەنیایی بەرکەوتنیان هەیە، زانیاریمان پێ دەگات. نازانایی زاتی فیزیای کوانتەمی واتای ئەوەیە کە زۆربەی کات هەڵبژاردنێک لە مێژووە گونجاوەکان بۆ بەکارهێنان هەیە و هەر بۆیە ئێمە ئەوە هەڵدەبژێرین کە گونجاوە بۆ ئەو پێشهاتە ئەزموونییانەی کە چاوەڕێی دەکەین. تیۆرییەکە ناچار نییە پێشهاتی پێوانەکان بەرهەم بهێنێت، بەڵام ئێمە دەکرێت هەمیشە پێشاندانێک هەڵبژێرین کە ئەمەی

تێدا ڕوو دەدات. پرسیارێک کە هێشتا هەیە بریتییە لەوەی کە ئایا ئەمە پرۆسەیەکی عەینییە یان بریتییە لە بەعەینیکردنی پێشهاتی پێوانەکان بە دەستکرد؟ هەندێک لە خوێنەرەکان لەوانەیە هاوڕای **ئاینشتاین** بن لەم بۆچوونە کە لەسەر هەڵویستی **بۆر** نووسیویەتی، کە ئەمە بە شێوەی لۆجیکی مومکین بوو، بەڵام بۆیە زۆر دژ بە سروشتی زانستیم، چونکە من ناتوانم گەڕانم بۆ وێنایەکی زۆر تەواوتر پێش بخەم.

بۆ ساڵگەلێکی دووردرێژ تەنگەژە دروستکەری پێشڕەو لە هەمبەر لێکدانەوەی کۆپنهاگن **جان بێل** بوو (ناسراو بە هۆی سەلمیندراوی بێلەوە، بڕوانە بەشی سێیەم). ئەو جەختی دەکردەوە قسەیەک لەسەر ئەوە نییە کە ئەم لێکدانەوەی فیزیای کوانتەمی بۆ هەموو مەبەستە کردەکییەکان ڕاست بووە، بەڵام ئەو بڕوای وا بوو زانست ناچارە بۆ زیاتر لەمە بڕوانێت. ئەو داوایەکی هێنایە گۆڕێ کە ئامانج دەبێت شرۆڤەی جیهانی فیزیایی بێت وەک ئەوەی کە هەیە، نەک تەنیا بینینگەلێک کە ئێمە دەتوانین ئەنجامی بدەین. ئێمە دەبێت بتوانین تیۆرییەکی مومکین بدۆزینەوە، کە پارامیتەرەکانی شرۆڤەی ئەوە دەکەن گەردوون دەکرێت وا بێت، نەک تەنیا بینینەکان، کە شرۆڤەی ئەوە دەکەن چۆن دەکرێت ببینرێت. نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان دۆخێکی تایبەتی نادات بە بینین و لەوانەیە پێشنیاز بکەین کاندیدی بەهێزمان بێت بۆ مومکینەکان، کە دەکرێت بەشەکەکانی مێژوو لە بنەماڵەیەکی گونجاودا بن. **جان بێل** چەند ساڵێکی کەم دوای پەرەسەندنی لێکدانەوەی مێژووە گونجاوەکان مرد، بەڵام هیچ بەڵگەیەک نییە پیشانی بدات کە ئەو سەرنجی پێویستی داوە. ئەگەر وا بووە لەوانەیە بێدەنگییەکەی بە هۆی هاوڕانەبوونەوە بوو بێت، چونکە بە دڵنیاییەوە بینیویەتی بۆ هەڵبژاردنی بنەماڵەیەکی گونجاو هەندێک شت دەبێت بە دەست دابنرێت.

سەرنجڕاکێشە پەیوەندیی نێوان نزیکبوونەوەی مێژووە گونجاوەکان و لێکدانەوەی فرەجیهانی لەبەرچاو بگرین. مێژوویەک لە یەکەمیدا

هاوتـایە بە پەلێـک لە دووەمیـدا. بە هەرحـاڵ، بوونناسـییەکەیان زۆر جیـاوازە. لە فـرە جیهانیـدا، لەبـری ئەوەی پەلەخاڵەکـان تـاکە شـوێنی بەرکەوتنـی تیـۆری و هەقـیقەت بـن، هەر شـتێک کە بـۆ هەمـوو پەلە مومکینەکـان هەژمـار دەکرێـت بەشـێک لە هەقیقەتـی لەخـۆ گرتـووە. ئەگەر ئـــێمە وای دابنێـــین کە تەنیـــا یەک جیهـــان هەیە، کتێـــبە نەخشـــەییەکەمان هەڵگـری ژمـارەیەکی زۆر لە پرۆسـە مومکینەکـان دەبێت کە هەرگیز ناکرێت بە هەقیقەت بکرێن و هیچ جێگەیەک بۆ ئەم زانیارییە نییە تا بە شێوەی فیزیایی پاشەکەوت بکرێت. بە پێچەوانەوە تیۆری فرەجیهانی گریمانەی نەخشـەیەکی تاقـانە دەکـات، کە بە ڕادەی پێویسـت گەورە هەیە کە هەمـوو زانیارییەکـانی نـاو کتێبـی نەخشـەی مێژووە گونجاوەکان لەخۆ بگرێت و گریدراوی یەک بە یەک لە نێوان هەموو خاڵێک و هەقیقەتی فیزیاییدا هەبێت.

لە بەشـی شەشـەمدا بینیمـان هەنـدێک پرسـی جـدی لە تێگەیشـتن یـان تەنانەت پێناسـەی ئەگەر لە چوارچێوەی تیۆری فرەجیهانیدا هەیە. بە هەرحـاڵ، ئەمە بـۆ نزیکبـوونەوەی مێـژووە گونجاوەکـان کێشـە نیـیە، چونکە هەر مێژوویەک لە بنەماڵەیەکی دیاریکراودا ئەگەرێکی شیاو بۆ هەژمـارکردنی لە سـەرەتاوە هەیە. وا دادەنرێـت ئەو هەڕەمەکییەی لە جیهـانی کوانتەمیـدا دەیبینـین ڕاسـتەقینە و بنچینەیـیە. هاوکێشـەکانی فیزیـای کـوانتەمی بە شـێوەی بنچینەیـی دیـاریکراون، بەو واتـایەی داهـاتووی هەر مێـژوویەک بە تەواوەتـی دیـاریکراوە. وەک بینیمـان، بنەمـاڵەکەی کە هەڵمـان بـژاردووە دەکرێـت لە چوارچێوەی تاقیگەییـدا دیاری بکرێت و ئەگەری مێژووە جیاوازەکان لە نـاو هەر بنەماڵەیەکدا کە بە هەقیقەت دەکرێن بە شێوەی عەینیی شیاو بۆ هەژمارکردنن.

ئەگەر هەڕەمەکیـیەت و نـامەعلومیی تایبەتمەنـدیی زاتـی گەردوونـی فیزیایین، ئەمە لەوانەیە باشترین جۆری تیۆری بێت کە هیوامـان پێـی هەبێت، چـونکە ئەگەر لەبـری ئێمە هاوکێشـە کوانتەمییەکـان بگـۆڕین، شیکارەکان بۆ مەرجی سەرەتایی ورد زۆر هەستیار دەبن، کە وا بـوو

پێشهاتەکان لەوانەیە، وەک نموونەی ئاژاوەی کلاسیکی (Classical Chaos) زۆر بە هەڕەمەکــی دەربــکەون. بە هەرحــاڵ، ئەمە تەنیــا دەکرێـت زرِە-هەڕەمەکـی (Pseudo-Randomness) بێـت، ئەگەر بە مەرجـی سـەرەتایی هاوشـێوەوە و دەسـت پـێ بکەیـن، بە ناچـاری دەگەیـن بە هەمــان ئەنجــام کە بە هەژمــارکردنی ڕاسـت و دروسـت پێشبینیمان کردووە. بۆ نموونە کاتێک کۆمپیوتەرێک بۆ دروستکردنی ژمـارەیەکی هەڕەمەکی بەکـار دەهێنین، بە شـێوەی ئاسـایی، ئەگەر لە هەمـان خـاڵی سـەرەتاوە دەسـت پـێ بکەیـن هەمـان ژمارەمـان دەسـت دەکەوێت (بۆ دوورکەوتنەوە لەمە هەندێک لە کۆمپیوتەرەکـان، تۆوی دروســتکەرەی ژمــارە هەڕەمییەکانیــان هەنــدێک لە ڤۆلتــاجی نــاو کۆمپیوتەرەکانیــان بەکــار دەهێـنن کە بە شــێوەی زاتــی بە هۆکــاری کــوانتەمی بەرز و نــزم دەکــات). ئەگەر بە پــێچەوانەوە نازانــایی کوانتەمی هەقیقەتێکی بنچینەیـی سروشـت بێت، ئایـا دەکرێت پیشـان بــدرێت بە ڕێــگەیەک، بــۆ نمــوونە بە بەرهەمهێنەرێــک، لانــیکەم هاوشـێوەی ئەوەی لەم بەشــەدا بـاس کـرا؟ نزیکبـوونەوەی مێـژووە گونجاوەکــان پێــی وایە ئـێمە گەیشــتووین بە خاڵێـک کە نەخشــەی ماتمـاتیکیی پەتـی ناتوانێت شـروڤەیەکی تاقـانەی گەردوونـی فیزیـایی بدات بە دەسـتەوە. بە هەرحـاڵ، دەکرێت کتێبێکی نەخشـە کە هەڵگری هەمـوو مێـژووە مومکینەکـان و ئەگەرەکانیـان بێـت ئامـادە بکرێـت. لەوانەیە ئەمە باشترین بێت چاوەڕوان بکەین دەستمان بکەوێت.

لەوە دەچێت ئاسۆیەکی لێڵ هەبێت بە شـێوەی تـاقیگەیی هەڵبژاردن لە نێوان بووننـاسییە جیاوازەکـان بکەیـن و ئێمە بە فراوانـی سەربەسـتین ئەو تیۆرییە هەڵبژێرین کە بەپێی بۆچوونە فەلسـەفییەکانمان لەگەڵیدا ئاسـوودەین. بۆچـوونی نووسـەر لەوانەیە تـا ئێسـتا ڕوونکـردنەوەی بێلایەنانە بووبێت، بەڵام لە بەشی کۆتایی ئەم کتێبەدا بە ڕاشـکاوانەتر قسە دەکەین لەسەریان.

بەشی یازدەیەم
وەهم یان هەقیقەت؟

ئێستا کە ئیتر پشکنینەکەمان بۆ پرسە مەفهوومییەکانی فیزیای کوانتەمی تەواو کرد، بەگشتی دەکرێت چیی لەگەڵدا بکەین؟ شتێک کە دەبێت ڕوون بێت، بریتییە لەوەی ناوچەیەکی بەرفراوان بۆ بۆچوونەکان هەیە و ژمارەیەکی کەم هەڵسەنگاندنی تاقیگەیی بۆ پشتڕاستکردنەوە یان پووچکردنەوەی ئایدیاکانمان لەئارادایە. بە هۆی ئەمەوە دەمەوێت لەم بەشەدا لە جێناوی ئێمە، کە لە نووسراوە زانستییەکاندا بە شێوەی نەریتی بەکار دێت، خۆم بپارێزم و بۆ دەربڕینی ڕایەک، لەبری پەسنی هەقیقەتێکی عەینی یان ئایدیایەکی هەمەپەسەند، جێناوی من بەکار دێنم. مەبەست ئەوە نییە کە هەموو ئەو شتانەی لە بەشەکانی پێشوودا باسمان کردن بۆچوونی تایبەتی خۆمی تێدا نەبووە، بەڵکو هەوڵ دراوە لەواندا زۆرتر لەوەی لەمەودوا پێویست دەکات، عەینییەت باس بکرێت.

لە سەرەتا دەمەوێت بە کورتی بە شێوەیەک لە بیرکردنەوە لەسەر پرسە فەلسەفییەکان بکەم کە پێی دەڵێن پۆزیتیڤیسم (Positivism). هەر بەو جۆرەی لە گوتەکەی **ڤیتگنشتاین**دا کورت کراوەتەوە: "سەبارەت بە شتێک کە ناکرێت قسە بکرێت، دەبێت بێدەنگ ببین." بەپێی پۆزیتیڤیسم ئەو پرسیارانەی کە ناکرێت بەدواداچوونیان بۆ

بکرێت، پرسیار نین و هەوڵدان بۆ وەڵامدانەوەیان بێسوودە. هەر بۆیە دیبەتی خوێندکارانی سەدەکانی ناوەڕاست (هەرچەند بێ بەڵگە بێت)، کە چەند فریشتە دەتوانن لەسەر نووکی دەرزییەک سەما بکەن، بەهای نییە، چونکە هەرگیز ناکرێت فریشتەکان ببینرێن. هەر بۆیە تاقیکردنەوەی ڕاستەوخۆ بۆ هەر چەشنە ئەنجامگیرییەک سەبارەت بەوانە و ڕادەربڕین سەبارەت بە وەها دیاردەگەلێک، کە شیاوی بینین نین، لەبری ئەوەی پێویستییەکی لۆجیکی بێت بابەتێکی هەڵبژاردەیە. پۆزیتیڤیسم زۆر جار بە لادانی ئایدیا لێڵەکان و فرەوێژییەکان کە هەندێک جار لەوانەیە تووشی ببین (یان لانیکەم من) کاریگەرییەکی سوودمەندی هەیە، بەڵام ئەگەر زیادەڕەوی تێدا بکرێت، دەمانبات بەرەو شوێنێک کە زۆر گوتەی بە ڕواڵەت واتادار و پەسەندکراو، وەک گوتەی بێواتا پووچ دەکرێتەوە. نموونەیەک کە زۆر جار لەم بارەوە باس دەکرێت، گەڕانەوەیە بۆ ڕابردوو. بۆ نموونە، "**جولیو سزار** لە ساڵی ٥٥ی پێش زایین سەردانی *بەریتانیای* کردووە" یان "**فلۆرانس نایتینگل** لە جەنگی کریمەدا پەرەستاری لە هێزەکان دەکرد". هیچ ڕێگەیەک بۆ بەدواداچوونی ڕاستەوخۆ بۆ ئەم گوتانە نییە، چونکە ناکرێت بۆ دواوە بگەڕێینەوە و ئەو ڕووداوانە ببینین، هەر کەسێک کەمێک مێژوو بزانێت و بڕوای بە ڕاستی و گرنگییەکەی هەبێت، بێگومان ئەمانە بەبێ واتا نازانێت. یان سەبارەت بە ڕستەگەلێک سەبارەت بە داهاتوو، وەک "جیهان دوای مەرگی من درێژە بە جیهانبوونی خۆی دەدات" چی دەکرێت بڵێین؟ ڕێگەیەکی ڕاستەوخۆ بۆ بەدواداچوونی ئەم گوتەیەش نییە، بەڵام من بڕوای تەواوم هەیە کە ئەم گوتەیە واتای هەیە و ڕاستە. شیکاری پۆزیتیڤیستی سوودمەندن، بەڵام دەبێت لە بەکارهێنانیدا ئاگەدار بین.

چەمکگەلێکی تر کە بۆ دیاریکردنی گەنگەشە لەسەر هەر تیۆرییەکی زانستی بەکار دەهێنرێت بریتییە لە سادەیی (Simplicity) و شیاو بۆ پووچکردنەوە (Ffalsibility). گرنگیی سادەیی (کە زۆر جار بە

گـــوێزانی ئۆكـــام دەناســـرێت) بـــریتییە لە پرەنســـیپێكی لـــۆجیكی كە دەگەڕێنـدرێتەوە بـۆ فەیلەسـووفی سـەدەكانی ناوەڕاسـت واتە **ویلیـام ئۆكام**. ئەم پرەنسیپە دەڵێت هیچ تیۆرییەكی زانستی نییە كە زیاد لە پێویست گریمانەی هەبێت. وای دابنـێ ئێمە دوو بینین لەسـەر تەنێكی بەجــووڵە ئەنجــام بــدەین، ئەگەر هەمــوو زانیــارییەكە ئەوە بێــت، لە نەبوونی ئەم پرەنسیپەدا، دەكرێت وێنای هەر جۆر جووڵەیەك بكرێت كە لە نێوان ئەم دوو پێوانەدا ئەنجام دەدرێت. بە هەرحاڵ، ئەگەر ئێمە گوێزانی ئۆكام بەكار بهێنین، سـادەترین گریمـانە بریتی دەبێت لەوەی بە ڕاســتەوخۆیی و بە نەرمــی لە نێــوان ئەم دوو خــاڵەدا جووڵابێــت. زۆر جـار زانیاریمـان زیـاتر هەیە، بـۆ نمـوونە ئەگەر ئـێمە بـزانین كە تەنەكە لە ژێر كـاریگەریی هێزی كێشـكردندا بەر دەبێتەوە، كە وا بـوو ئەزموونمان ڕێنماییمـان دەكـات بەرەو ئەوەی كە جووڵەكە بە ڕاسـتی تــاودانەكەی چــوونیەكە و وەك چــۆن لە چەمــاوەی وێــنەی ١٠:١دا كێشراوە، كە پیشان دەدات چۆن بەرزیی سێوەكە لە كاتدا دەگۆڕێت. ئەگەر ئێمە تاقیكردنەوەیەك ئەنجام بدەین كە ئەم بەرزییە لە هەندێك كاتی كەمدا تۆمـار بكـات، بە بەكارهێنـانی گوێزانی ئۆكـام دەگەین بەو ئەنجامەی كە چەماوەكە بۆ ئەو كاتانەش، كە تۆمار نەكراوە ڕاسـتە و جــووڵە مــومكینە ئالۆزەكــانی تــر ڕەت دەكــرێتەوە (دەتاشــرێت). بــۆ نمــوونە لەوانەیە تەنەكە وەسـتانێكی لە ناوەڕاسـتی هەودا بـۆ سـاتێك هەبووبێت و دوایی بە خێرایی تـاوی سـەندبێت، هەمـوو ئەمـانە ئـێمە نەمــانبینیوە و ئەم ڕەفتــارە بە ڕوونــی لە چــاو مــۆدێلی ســتاندەری نیوتنی كەمتر سـادەیە. بە ڕوونـی هەڵسـەنگاندنی سـادەیی پێشـمەرجی پێویســت هەر تیــۆرییەكی زانســتییە. بە هەرحــاڵ، ناكرێــت هەمیشــە چاوپۆشی بكرێت لەو پرسیارانەی لەسەر چۆنێتیی پێناسـەی سـادەیی و خەمڵانــدنەكەی دەكرێــت. وەك دەبینــین، ئەمە بنچینــەی زۆرتــرین گەنگەشـــە بەردەوامەكـــان لە لێكـــدانەوەی فیزیـــای كوانتەمـــدا پێـــك دەهێنێت.

با بگەڕێینەوە بۆ شیاو بۆ پووچبوونەوە، گرنگیی ئەم چەمکە سەرەتا لەلایەن فەیلەسووف **کارڵ پۆپەر**ەوە جەختی لەسەر کرا (چەند ساڵ پێش ئەوەی ئەو ئایدیاکانی سەبارەت بە زیهن کە لە بەشی چوارەمدا قسەی لەسەر کرا بخاتە بەر باس). ئەو پێشنیازی کرد جیاوازیی نێوان گوتەیەکی زانستی و جۆرەکانی تر بریتییە لەوەی ئەمیان دەبێت هەمیشە، لانیکەم لە وێناکردندا، تاقیکردنەوەیەک هەبێت کە پێشهاتەکانی پیشانی دەدات و تاکە هەڵەیە. بەم شێوەیە یاسای کێشکردنی **نیوتن** دەکرێت پیشان بدرێت هەڵەیە ئەگەر سێوێک یان تەنێکی تر لە وەستانەوە بەر بدرێتەوە، بەڵام نەکەوێتە سەر زەوی. زیاتر لەوە، ئەو پێشنیازی کرد کە هەموو تیۆرییەکی زانستی دەبێت بە کاتی چاوێ لێ بکرێت، چونکە ئێمە تا ئەو کاتە بڕوامان پێیەتی، کە بە درۆ بخرێتەوە و ئەم بەدرۆخستنەوەش دەبێت وەک ئیمکانێک چاوی لێ بکرێت. تەنانەت بڕوای قووڵمان بەوەی کە خۆر بەیانیان هەڵدێت بەندە لەسەر ئەو گریمانەیەی کە یاساکانی فیزیا لە داهاتوودا وەک ئەمڕۆ دەبێت. ئێمە دەکرێت ئیمکانی ئەوە دابنێین کە خۆر لەوانەیە هەڵنەیەت، ئەگەر ئەمە ڕوو بدات دەبێت تیۆرییەکی نوێ پەرە پێ بدەین، کە هەقیقەتە بینراوەکە لەخۆ بگرێت، کە تا ئەو کاتەی بەهەڵەخستنەوە ڕوو دەدات دەهێڵدرێتەوە. وەک دەبینین بەهەڵەخستنەوە ئیمکانی ئەوەمان پێ دەدات، کە دەکرێت وێنای بارودۆخێک بکەین کە تیۆرییەکە ئیتر ڕاست نەبێت، تەنانەت ئەگەر لەو تاقیکردانەوانەی پێشتر لەسەری کراوە هەمیشە ڕاست بووبێت. تەنانەت ئەگەر سێو هەمیشە بەر ببێتەوە و خۆر هەمیشە هەڵبێت، ئێمە دەکرێت وێنای کاتێک بکەین کە وا نەبێت. وتەگەلی لەم شێوە ناسراوە بە دژەڕاستبینی (Counterfactual)، کە لە بەشی سێیەمدا بە کورتی باسمان کرد. ئارگیومێنتی دژەڕاستبینی دەکرێت بە تەواوەتی پرسی فەلسەفی بێت، بەڵام لە زۆرترینی بارودۆخەکانەدا دەکرێت تێبگەین واتای چییە.

هەڵسەنگاندنی بەهەڵەخستنەوە دەکرێت بۆ جیاکردنەوە گوتەی زانستی، لەو شتەی پێی دەگوترێت وتەی میتافیزیایی، کە لە کۆدەقەکانی تردا بەتایبەتی لە ئایین و سیاسەتدا بەکار دەهێنرێت، کە دەکرێت بگوترێت کۆڵەکەکانی تیۆرییەکە بە ڕێکی دەمێننەوە تا ئەو کاتەی ڕاستییەکان دەبینرێن. هەندێک کەس وا دەزانن هەر گوتەیەک بە هەڵە نەخرێتەوە بێواتایە، بەڵام **پۆپەر** بەگشتی هەمیشە دژی ئەم تێروانینە پۆزیتیڤیستییە بووە.

فۆرمێکی پۆزیتیڤیسم بە ڕوونی بەشێکی گرنگی بیرکردنەوەی پشت لێکدانەوەی کۆپنهاگنە. ئەگەر سروشتی ڕێکخستنێکی تاقیکردنەوە، ئیمکانی پێوانی هێندەیەکی فیزیایی پووچ بکاتەوە، ئایا ئەم هێندە دەکرێت هەقیقەتی هەبێت، یان لە وەها بارودۆخێکدا تەنیا وەهمە؟ بە دڵنیاییەوە وەک لە بەشی دووەم و دواتر لە بەشی دەیەمدا بینیمان، ئەو ئایدیایەی کە فۆتۆنی جەمسەرگیراوی ئاسۆیی هەروەها لە ٤٥°+ یان ٤٥°- بەگوێرەی ئاسۆ جەمسەرگیراوە دژبەیەکی تێدایە- تەنانەت لە فیزیای کلاسیکدا. بە هاوشێوەیی بێواتایە بپرسین کە فۆتۆن لە کام کەلەبەری تاقیکردنەوەی دووکەلەبەریدا تێپەڕیوە؟ وەک کەسێک کە فێرکردنم بە نەریتی کۆپنهاگن بووە (یان لەوانەیە مێشکم پێی شۆرابێتەوە) من دەڵێم بەڵێ ئەمە وەهمە، تەنۆلکە ناتوانێت شوێنی هەبێت- لە ڕاستییدا تەنۆلکە نییە. مەگەر ئەوەی تاقیکردنەوەیەک بۆ پێوانی ئەم تایبەتمەندییە دیزایین بکرێت. لە هەمان کاتدا بە باشی ئاگەدارم ئەم بیرکردنەوەیە بە ئاسانی و بە شێوەی سروشتی نایەتە ئاراوە، بەڵام لەوە دەچێت لەگەڵ پێشکەوتنی فیزیای کوانتەمدا بەسەرماندا سەپێندرا بێت. بە هەرحاڵ، لە سەدەی نۆزدەدا هەندێک لە بیریارەکانی دیدگای پۆزیتیڤیستی دەیانگوت کە ئەو ئایدیایەی کە مادە لە ئەتۆم دروست بووە، چونکە بە ڕاستەوخۆیی شیاوی تاقیکردنەوە نییە، گریمانە بابەتێکی بێواتایە. بەڵام لە ئێستادا هەموومان هەقیقەتی بوونی ئەتۆمەکانمان پەسەند کردووە، کە

دەکرێت بە ڕاستەوخۆیی بە شێوەی عەینی بەدواداچوونی بۆ بکرێت. ئایا دەکرێت بڵێین لێکدانەوەی کۆپنهاگن بە هەڵە ناچارمان دەکات وەهەم بوونی هەندێک لە هەندەکان کە بە تەواوەتی هەقیقەین بپەژرێنین، تا ئەو کاتەی تەکنەلۆژیا و مەعریفە بە ڕادەی پێویست پێش بکەوێت تا بیانبینین؟ بیرکردنەوەی لەم جۆرەیە کە ئایدیای بگۆڕە شاراوەکان هەم ژیرانە و هەم سەرنجڕاکێش دەکات- ئەگەر وەها نەدەبوو هیچ تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوە، کە لۆکاڵیبوون لەخۆ بگرێت، ناتوانێت ئەنجامی تاقیکردنەوەکانی پەیوەندیی دوو فۆتۆن، وەک تاقیکردنەوەی **ئاسپێکت**، کە لە بەشی سێیەمدا قسەی لەسەر کرا، پێشبینی بکات. هەرچەندە گریمانەبابەتی ئەتۆمی لەم سەدەی دواییدا (سەدەی نۆزدە) بۆ شرۆڤەی دیاردە فیزیاییە ناسراوەکان پێویست نەبوو، بەڵام بە تەواوەتی هەمیشە گریمانەیەکی شیاو بۆ بەرگریلێکردن بووە. لە بەرامبەردا **بێل** و **ئاسپێکت** و ئەوانی تر بە شێوەی بنچینەیی هەڵەبوونی گریمانەبابەتی تیۆری بگۆڕە شاراوەکانیان پیشان داوە (بەڵام دەبێت سەرنج بدەن زنجیرە کونەکان (loophole) لەوانەیە چارەسەر نەکرابێت- بڕوانە کۆتایی بەشی سێیەم). هەر بۆیە ئەوان شیاوی بەرگریلێکردن نین و ناکرێت بڕوایان پێ بکرێت، هەرچەندە سەرنجڕاکێشیش بن. ئەگەر شتەکە بە شێوەیەکی تر بوایەت و تیۆرییەکی بگۆڕی شاراوەی سەرکەوتوو بەپێی مۆدێلێکی سادەی جیهانی میکرۆسکۆپی پەرەی دەسەند، گومان نییە بە خێرایی هەموان دەیانپەژراند و بەکارهێنانی تیۆری کوانتەمی دەخرایە لاوە، تەنانەت ئەگەر هەردوو تیۆرییەکە پێشبینیی یەکسانیان سەبارەت بە ئەنجامەکانی هەموو تاقیکردنەوە مومکینەکان پێشکەش بکردایەت. لەوانەیە پۆزیتیڤیستەکان بڵێن کە جیاوازییەکی واتادار لە نێوان ئەم دوو لێکدانەوە نییە، بەڵام ڕێک وەک گریمانەی ئەتۆمی هەموو کەسێک دیدگایەک کە لەسەر بنچینەی مۆدێلی ڕیالیستیی جیهانی بینا کرابێت لا پەسەندترە. چونکە وا نەبووە کە من و

فیزیاییەکانی تر ناچار بە پەژراندنی لانیکەم ئایدیاکانی کۆپنهاگن کراوین- نەک ئەوەی ئێمە بەتایبەتی ویستبێتمان، چونکە ئەمە تاکە ڕێگەیە دەتوانین نزیک ببینەوە بە ڕەفتاری جیهانی فیزیایی. هەروەک چۆن بۆر چەندین جار ئاماژەی بەمە داوە، ئەمە "خودی سروشتە" نەک "سروشت و زیهنی ئێمە"، کە پاڵمان پێوە دەنێت بەرەو ئەم ڕێگە نوێیەی بیرکردنەوە و لە زۆر لایەنەوە دژوار بچین.

لێرەدا نموونەیەک لە بەکارهێنانی گوێزانی ئۆکام دەبینین: تیۆرییەکی بگۆڕە شاراوە لۆکاڵییەکان لەوانەیە وا دابنرێت سادەترە لە نزیکبوونەوەی کۆپنهاگن، بەڵام نزیکبوونەوەی کۆپنهاگن بەگشتی وا دادەنرێت سادەترە لە تیۆرییەکی بگۆڕە شاراوە نالۆکاڵییەکان. بە هەرحاڵ، ژمارەیەکی زۆر دادوەریی بابەتی لەئارادایە و هەندێکیان بە توندی دژ بە بیروباوەڕی باون.

سەرەڕای ئەوەش لێکدانەوەی کۆپنهاگنی لەگەڵ پرسی پێواندا بەجێمان دەهێڵێت. ئەگەر تەنیا ئەو شتەی کە دەبینرێت هەقیقەتی هەبێت و ئەگەر فیزیای کوانتەمی گەردوونییە چی کەسێکە یان چی شتێکە کە کرداری بینینەکە ئەنجام دەدات، ئەگەر پشیلە تەنێکی کوانتەمییە، چی شتێکە لە ناو قوتووەکەدا زیندوو یان مردوو یان تەنانەت بوونەکەی دیاری دەکات؟ بەپێی پۆزیتیڤیسمی پەتی نابێت بەرەو پێشتر بچین. "بێواتایە بپرسین"، ئەو لەوانەیە بڵێت: "کە هۆشیارییەکەتە، ئامرازە ماکرۆسکۆپییەکەیە یان گۆڕانی نەشیاو بۆ گەڕانەوەیە کە دەبێت بە هۆی ئەوەی پشیلە زیندوو یان مردوو بێت- یان لە ڕاستیدا ژمارەیەک پشیلە هەن کە هەر کامیان هیی گەردوونی خۆیانن. هیچ تاقیکردنەوەیەک نییە بەپێی ئەو بڕیار بدەین ئەمەیە یان ئەوی ترە." لەوانەیە وەها بێت، یان لەوانەیە داخوازکراو نەبێت، بەڵام لە هەر حاڵێکدا ناداخوازییەکی سەرنجڕاکێشە کە لانیکەم من بە هەقیقی دەیبینم.

ئێستا دەگەڕێینەوە بۆ پرسی هۆشیاری، کە لە بەشی پێنجەمدا باسمان کرد. فەیلەسووفەکان کێشەیەکی دوورودرێژیان هەبووە بۆ ئەوەی بیسەلمێنن کە جیهانێکی هەقیقی عەینی لە دەرەوە هەیە و هەموو شتێک پەیوەندیی بە بەرکەوتنی هەستییەوە نییە. بە هەرحاڵ، ئامانجی زانست گەیشتن بووە بە پەسنێکی عەینی لە گەردوونی فیزیایی کە بە شێوەی گونجاو بڕوای پێ بکرێت. پێشنیازی ئەوەی کە دەبێت هۆشیاری رۆڵێکی زاتی لە تێگەیشتنمان لە جیهانی کوانتەمی هەبێت بە زەقی دژی ئەم تێڕوانینەیە. لەوانەیە تیۆرییەک لەسەر بنچینەی هۆشیاری و بابەتگەرایی لەگەڵ هەقیقەتە بینراوەکاندا گونجاو بێت، بەڵام من ئەنجامەکانی وەک نەبوونی گەردوونی فیزیایی تا گۆڕانی زیهن (لە چییەوە) بۆ بینینی بە تەواوەتی بە ناپەسەند دەزانم و هەوڵ دەدەم هەر تیۆرییەک کە هەندێک فۆرمی عەینیگەرایی بپارێزێت، پەسەند بکەم.

سەبارەت بە نزیکبوونەوەی فرەجیهانی کە لەودا ژمارەیەکی بێشوومار گەردوون "بە ڕاستی هەن" و ئەو ئایدیایەی کە ئێمە تەنیا یەک بوونمان لە گەردووندا هەیە یەک "وەهمە"، چی دەتوانین بڵێین؟ بۆ یەکەم جار من ٢٥ ساڵ لەوەوپێش بەرکەوتنم لەگەڵ ئەمەدا هەبوو، ئەویش ٢٠ ساڵ دوای داهێنانی بوو، من و زۆر کەسی تر کاردانەوەمان ئەوە بوو کە ئەمە بووناسییەکی توندڕەوانەیە، کە واتای ئەوەیە ناکرێت بە جدی وەربگیردرێت، بۆ چارەسەری کێشەیەکی زانستی ڕاست نییە ژمارەیەکی زۆر بڕی نەشیاو بۆ بینین بهێنینە ئاراوە. بە هەرحاڵ، هاوڕێ لەگەڵ ژمارەیەکی زۆری تر خەڵک، بە تێپەڕبوونی ئەو ساڵانە بە جدیتر خۆم بە بابەتەکەوە سەرقاڵ کرد. سەرەڕای ئەو هەقیقەتەی کە گریمانەبابەتی بە نزیکەیی بیکۆتایی گەردوونی هاوڕێک، لانیکەم لە یەکەم تێڕوانیندا هەردوو پرەنسیپی گوێزانی ئۆکام و بەهەڵەخستنی پۆپەر پێشێل بکات، بەڵام وا دیارە تەنیا تیۆرییەکە کە هاوکێشەکانی فیزیای کوانتەمی وەک

تـاکە تیـۆری گەردوونـی بـۆ جیهـانی فیزیـایی دەپارێزێـت و توانـای ئەوەی هەیە هەموو دیاردەکان لە بچووکترینەوە بۆ گەورەترین، بەبێ هێنانەئـارای گریمـانە ابەتـی زیـاتر "هەرزان لە گریمـانە" و "گـران لە گەردوونەکانـدا" شـرۆڤە بکـات. وەک لە بەشـی شەشـەمدا بینیمـان، لە تیۆری فرەجیهانیدا ئێمە ناچار نەبووین پێوان یان بەگشتی گۆڕانە نەشیاو بۆ گەڕانەوەکان، جیاواز لە ڕووداوە کوانتەمییەکـان چارەسـەر بکەیـن. سـەریەککەوتنەکان بە سـەریەککەوتن دەمێنـنەوە، تەنـانەت کاتێـک کارلێـک لەگەڵ ئامڕازەکـانی پێوانـدا دەکەن: هەمـوو ئەوە ڕوو دەدات ئەنجامی پەلەکانن کە هەمیشە ئاگەداری یەکتری نین. لە زمـانی بەشـی دەیەمـدا، لەبـری کتێبی نەخشـەکان ئێمە تەنیـا نەخشـەیەکمان هەیە، هەرچەنـدە دەبێـت زۆر گەورە بێت بـۆ ئەوەی هەڵگـری هەمـوو ئەو زانیارییـانەدا بێت، کە دەبێت لە نـاو کتێبەکەدا بێت. بە هەرحـاڵ، چـونکە ئـێمە هەمـوو ئەم گەردوونانەمـان هەیە، ئـێمە گریمانەبـابەتی ئەوە دەکەین شوێنی فیزیایی هەن، کە ئەم زانیارییانە تێیدا پاشەکەوت دەکرێت. مەگەر ئەوەی هەندێک هەڵسەنگاندنی تـاقیگەیی بکرێت بگـات بەو ئەنجـامەی گوتەکـان سـەبارەت بە بـوونی گەردوونە هاوڕێکەکـان بە هەڵەنەخراوەیی دەمێنێتەوە و هەر بۆیە بەپێی **پۆپەر** میتافیزیـاییە و لە نـاخی خۆیـدا بێواتـا نیـیە، مەگەر ئەوەی ئـێمە نزیکبـوونەوەیەکی بەهێزی پۆزیتیڤیسـتی بگـرینە بەر. کە ئەوان دەبێت لە ژێـر ڕۆشـنایی دادوەریـی گـوێزانی ئۆکامـدا پەسـەند بکـرێن. بـابەتەکە ئەوەیە کە ئەم پرەنسـیپە بـۆ بوونناسـی برکـار بهێنرێـت (ژمـارەی ئێجگـار زۆری گەردوونەکـــان) یـــان ســـەنگچنە تیۆرییەکـــان (بە ئـــابووری لە گریمانەکانـدا). بە واتـایەکی تـر، پـێش ئەوەی ئـێمە گـوێزانی ئۆکـام بکرێت بەکار بهێنین، ئێمە ناچـارین بڕیـار بدەین، کە ئایـا نەخشـەیەکی پان و بەرین سادەترە لە کتێبی نەخشەکان یان نا!

نرخی تیۆرییەکانی فرەجیهانی هەندێک جار بە هۆی هەڵەتێگەیشتنەوە دەشـــکێت، کە هەمیشـــە بە هـــۆی هەوڵـــی لایەنگرەکـــانیەوە ڕوون

نــاکرێتەوە. کاتێــک **ئێڤێرێــت** تیــۆرییەکەی داهێنــا، ئەو باســـی کـــرد پەللێبــوونەوە لە ڕووداوی شـێوەپێواندا ڕوو دەدات. ئەمە هەنـدێک لە ئــێمەی بە هەڵە بـــرد کە بـــڕوا بکەیـــن پەللێبـــوونەوە دەبێـــت وەک لێکدانەوەی کۆپنهاگن وا دابنرێت کە تێک دەڕمێت. بەڵام ئەمە هەرگیز مەبەستی **ئێڤێرت** نەبووە، وەک لە ژێر ڕووناکیی پەرەسەندنەکانی ئەم دوایەیـی تێگەیشـتنمان لە **دیکۆهرنس** ڕوونتـر بـووەتەوە، کە پیشـان دەدات پەللێبــوونەوە بەشــێکی ناچــاریی فیزیــای کــوانتەمی پرۆســە نەشـیاو بـۆ گەڕانەوەکـانە. ئەوە لێکـدانەوەی کۆپنهـاگنە کە هەڵگـری پرەنسیپی بابەتی زیادەی دارمانە بۆ یەکێک لەم پەلانە.

بە هەرحـاڵ، هێشـتا پرسـی سـەرەکی بریتییە لە تێگەیشـتن لە چەمکی ئەگەرەکـان لە چوارچێـوەی فرەجیهانیـدا. هەمــوو زمـانی ئەگەرەکــان دەگەڕێتەوە بۆ جێگرەوەکان: شتێک ڕوو دەدات یان ڕو ونـادات، بەڵام لە فرەجیهانیـدا هەر شـتێک لە شـوێنێکدا ڕوو دەدات. کارەکـانی ئێسـتا لەم بـوارەدا ئامــانجی ئەوەیە پیشــانی بـدات، کە گونجــاوە پێناســەی هەنـدێک شــت بکرێــت کە وەک ئەگەر بـۆ چاودێرێـک دەردەکەوێـت کاتێـک ئەزمــوونی ڕووداویکـی لەپـی دەکـات. ئەگەر چارەســەرێکی جێگەی بڕوا بۆ ئەم پرسە وەک **ئێڤێرێت** بڕوای پێ بوو دەربکەوێت، ئەوە دەکرێـــت ببەســـترێتەوە بە دەســـتکەوتنی ئەم ئەگەرانە بەبــێ گریمانەبابەتی زیادە، ئەوکات من ناچار دەبم ئەم نزیکبوونەوەیە زۆر بە جدی وەربگرم.

یەکێک لە لایەنەکانی هەندێک لە نووسینەکان لەسـەر پرسـی پێـوانی کـــوانتەمی، یـــان لانـــیکەم دەلالەتەکەی، بـــریتییە لەوەی تەنیـــا دوو تێڕوانینـــی مـــومکین هەیە: بـــابەتگەرایی (Subjectivism) یـــان فرەجیهانی. بە شێوەیەک ئەگەر یەکێک لەوان پەسـەند بکرێت، دەبێت ئەوی تریـان پـووچ بکـرێتەوە. نمـوونەیەک بـریتییە لە گوتارێـک کە لە گۆڤـاری *سـایکۆلۆجی تـودەی* (Psychology Today) لەل ایەن **هارۆلـد مـۆرۆیتز** لە سـاڵی ١٩٨٠ نووسـراوە، کە لەیەکـدانەوەی

بابەتییانە بۆ پرسی پێوانی کوانتەمی وەک دیدگای ستاندەری فیزیاییەکان فڕێ دەدرێت و ئەمە ناگونجێت لەگەڵ نزیکبوونەوەی میکانیکی کە لە لایەن زۆربەی بایۆلۆجیستە مودێرنەکانەوە پەژرێنراوە. بە هەرحاڵ، لە هەمبەر ئەمەدا نووسەر **دوگلاس هۆفستادێر** (*In The Mind's I*، لە سەرچاوەکانی بەشی پێنجەمدا ئاماژەی پێ دراوە) لێکدانەوەی فرەجیهانی وەک تاکە جێگرەوە پێشکەش کرد. بە دڵنیاییەوە ئەگەر تەنیا هەڵبژاردنەکان ئەمانە بێت، من لێکدانەوەی فرەجیهانی لەبری تێڕوانینی بابەتییانە پەسەند دەکەم، بەڵام پێم وایە تا گەیشتن بەم هەڵبژاردنە ڕێگەیەکی دوورو =درێژمان لە پێشە. لە ڕاستیدا ئاماژەگەلێک بۆ تێڕوانینی تر سەبارەت بە لێکدانەوەی کۆپنهاگن لە ناو نووسینەکانی بۆردا هەیە. هەرچەندە گەڕانەوەی زۆر بۆ چاودێر هەندێک لە نووسەرەکانی گەیاندووەتە ئەو بڕوایەی کە بە هەڵە وای دابنێن لێکدانەوەی کۆپنهاگن دەبێت بابەتییانە بێت، بەڵام تێڕوانینی بۆر بە وردی وەها نییە. بۆر هەمیشە لەسەر گرنگیی کاریگەریی ئامێری پێوان، لەبری هەر چەشنە کاریگەرییەکی ڕاستەوخۆ کە لە تاقیگەرەوە سەرچاوەی گرتووە جەختی کردووەتەوە. هەر بۆیە بڕوای وابوو، کە "هەر دیاردەیەکی ئەتۆمی بەو واتایە دەکرێت بە داخراو دابنێین کە بینینەکەی لەسەر بنچینەی ئامێرگەلێکی بەهێزکەر ئەنجام بدرێت کە نەشیاون بۆ گەڕانەوە، بۆ نموونە وەک کاریگەریی هەمیشەیی ئەلیکترۆنەکان لەسەر پلێتە هەستیارەکانی وێنەگری دایدەنێن."

N. Bohr *Atomic Physics and Human Knowledge*, Wiley, New York (١٩٥٨)

بە دڵنیاییەوە چاودێر ناتوانێت لەسەر ئەو ڕووداوانەی کە لە بارودۆخێکی تایبەتدا دەردەکەون کاریگەری دابنێت. بە ڕای من هیچ ڕێگەیەک جگە لە پەژراندنی ئەو ئایدیایە نییە، کە ئێمە لەم بوارەدا

دیاردەی تاکمان هەیە و ئەوەی کە هەلی کارکردن لەسەر ئامێرەکانی پێوان، تەنیا دەهێڵێت لە نێوان ئەو دیاردانەی کە لە تەواوکەری یەکتری دەچن و دەمانەوێت لێکۆلینەوەیان لەسەر بکەین هەڵبژاردنمان هەبێت.

N. Bohr, in *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, P. A. Schlipp (ed.), pp. ٢٠٠– ٤١, the Library of Living Philosophers, Evanston (١٩٤٩)

لە لایەکی ترەوە بۆر جەختی لەسەر گرنگیی بەکارهێنانی فیزیای کوانتەمی لەسەر تەنە ماکرۆسکۆپییەکان دەکردەوە و لەو ڕێگەوە پیشانی دەدا کە ئەم کارە بۆ هێشتنەوەی گونجانی تیۆری کوانتەمی و دوورکەوتنەوە لە ئیمکانی پێوان لە سکێڵی ئەتۆمیدا، کە لەگەڵ پرەنسیپی نادڵنیایی و یاسا گشتییەکانی فیزیایی نەگونجاو بێت، پێویستە. بەڵام لەوە ناچێت ئەو هەستی بە دژبەیەکیی زاتی لە نیوان دوو مێتۆدی لێکۆڵینەوەی جیهانی ماکرۆسکۆپی کردبێت یان بە جیدی لە پرسی پشیلەکەی **شرۆدینگێری** کۆڵیبێتەوە.

هەڵبەت گرنگ نییە بۆر یان هەر کەسێکی تر چییان گوت و چ بیریان کردووەتەوە، بە پێچەوانەی یاسا یان تیۆلۆجییەوە، زانست ناگەڕێتەوە بۆ کەسە گرنگەکانی رابردوو، بەڵکو ملکەچی سروشتە. دەبێت لە بەشەکانی کۆتایی ئەم کتێبەوە روون بوویێتەوە کە چ هەنگاوێکی گەورە لە پرسی پێوان بە ڕێگەی بابەتی یان فرەجیهانییەوە نراوە. سەرەڕای پێشکەوتنەکانی ئەم دواییە، مەعریفەی ئەزموونیمان لەسەر بەکارهێنانی فیزیای کوانتەمی لە جیهانی ماکرۆسکۆپیدا زۆر سنووردارە (بڕوانە بەشی حەوتەم). زۆر گرنگە پێشبینییەکانی لە ناوچەی ماکرۆسکۆپیدا لە هەر شوێنێکدا بێت هەڵسەنگاندنی بۆ بکرێت، تا بەڵگەکان لەسەر دارمانی فیزیای

کوانتەمی لە ناوچەی ماکرۆسکۆپیدا بێت، من لەسەر ئەو بڕوایە دەبم کە بەهەڵەخستنەوەی فیزیای کوانتەمی لەم ناوچەدا زۆر لاواز دەبێت. ئەمە دەمانگەڕێنێتەوە بۆ ئایدیای پێوان وەک پرۆسەی نەشیاو بۆ گەڕانەوەی سێرمۆدایانامیکی، کە لە بەشەکانی هەشتەم و نۆیەم و دەیەمدا قسەمان لەسەری کرد. جیاوازیی چۆنایەتیی گەورە هەیە لە نێوان، لە لایەک پرۆسەی کوانتەمی کە فۆتۆنیک یان ئەلکترۆنێک لە جەمسەرگرێکەوە تێپەڕ دەبێت یان بەیەکداچوونی کەلەبەرەکان و لەل ایەکی ترەوە، پرۆسەی پێوانی تۆمارکردنی گەیشتنی تەنۆلکەیەک لەسەر پلێتی هەستیاری وێنەگەری. ئەم تێڕوانینە بۆ پێوان کراوەیە بۆ ڕخنەکردن، چونکە گەڕانەوەی ناچاری پوانکارە، بەو واتایە دەبێت هاوباری کوانتەمی بپارێزرێت و گوتنی ئەوەی کە لە کۆتاییدا پێوانی کوانتەمی ئەنجام دراوە هەرگیز ڕاست نییە. بە هەرحاڵ، هەر وەک چۆن لە بەشی نۆیەمدا باسمان کرد، ئەم بابەتە لەوانەیە بە باشی بەکار نەهێنرێت ئەگەر سیستەمەکە لەبری ئێرگۆدیک هەڕەمەکی بێت. بە دڵنیاییەوە جیاوازییەکی کردەکی لە نێوان گۆڕانی نەشیاو بۆ گەڕانەوە و گۆڕانی شیاو بۆ گەڕانەوەی سیستەمێکی پێکهاتوو لە چەند تەنۆلکەیەک- یان لە ڕاستیدا پێک هاتبێت لە سیستەمێکی فرەتەنۆلکەیی کە بە شێوەی هاوباری دەجووڵێن لە نموونەی SQUIDەکاندا لەئارادا دەبێت. ئەگەر ئەو تێڕوانینە پێش بخەین کە دەبێت ڕێگەکانی بیرکردنەوە لەسەر دیاردە سروشتییەکان لەو ڕێگەوە فێر ببین کە سروشت ڕەفتار دەکات، کە وا بوو بە دڵنیاییەوە دەبێت زۆر بە جدی ئەم گوزارەیە بڕیتییە لە تایبەتمەندییەکی بنچینەیی جیهانی فیزیایی و کەس بۆ دڵنەوایی ئێمە دای نەناوە. ئەمەیە هۆی ئەوەی من ئایدیای **پریگوژین**م بە لاوە سەرنجڕاکێشە. لەبری دەسپێکردن لە مایکرۆسکۆپی ئەبستراکتەوە و هەوڵدان بۆ دەرهێنان یاساکان لێوەی کە شرۆڤەی هەردووی پەرەسەندنی هاوباری دۆخە کوانتەمییەکان و گۆڕانی پێوانە پەیوەندیدارەکان، ئەو

پێشنیازی کرد پێچەوانەکەی ئەنجام بدەین. بۆچی نابێت جیهانی فیزیایی کە بە ڕاستی دەبینرێت وەک هەقیقەتێکی سەرەتایی ئەم پرۆسانە (مەرگی پشیلە، ڕەشبوونەوەی فیلمی هەستیاری وێنەگری، دروستبوونی بلّقێک لە ناو شلەی هایدرۆجین لە ناو ژووری بلّقدا) لەبەرچاو بگرین؟ هەروەها لەولای ترەوە پرۆسە نیمچەئەتۆمییەکانی وەک تێپەڕبوونی فۆتۆن لە دوو کەلەبەرەوە یان گۆڕانی تەنۆلکەی سەرەتایی بە هۆی پرۆسە کوانتەمییە هاوکاتەکان بە وەهم یان نزیکبوونەوەیەک لە هەقیقەت نەزانین؟ هەڵبەت وەک لە بەشی نۆیەمدا باسمان کرد، ئەمە شۆڕشێک لە بیرکردنەوەماندا دروست دەکات: ئەوکات هەقیقەتی بنچینەیی بوونی جیهانی فیزیایی نییە، بەڵکو ئەو گۆڕانە نەشیاو بۆ گەڕانەوەن کە تێیدا ڕوو دەدات، واتە نەک بوون، بەڵکو ببوونە. ڕووداوە شیاو بۆ گەڕانەوەکان کە بەپێی پێناسە نیشانەیەکی هەمیشەیی لە دوای خۆیان بەجێ ناهێڵن وەهمن- نە تەنیا بۆ ئێمە، بەڵکو بۆ هەموو گەردوون، کە لە ئەنجامی ڕوودانی ئەو ڕووداوەوە گۆڕانێکی شیاو بۆ نەگەڕانەوە ڕوو نادات.

کارەکانی ئەم دواییە لەسەر مێژووە گونجاوەکان و **دیکۆهرنس**، کە لە بەشی دەیەمدا قسەی لەسەر کرا، ئەو هەستە دروست کات باسەکە کۆتایی پێ دێت. هەرچەندە وەک لێکدانەوەیەکی نوێی فیزیای کوانتەمی گەشەی سەندووە و ئەنجامەکە بریتییە لە شیکاری لێکدانەوەی کۆپنهاگن لەگەڵ ڕۆڵی نەشیاو بۆ گەڕانەوە. من پێم وایە ئەم نزیکبوونەوەیە بە باشی قسەکەی **بۆر** ڕوون دەکاتەوە. بارودۆخی زۆر کە پێناسەی جۆرە مومکینەکانی پێشبینی بۆ ڕەفتاری داهاتووی سیستەمێک دەکات، بەو واتایەی کە ئێمە دەبێت مۆدێلە تیۆرییەکەی خۆمان، یان نەخشەکەمان، بە پێی مێژووە گونجاوە گونجاوەکان بونیاد بنێین. بەشێکی سەرەکیی ئەم نزیکبوونەوەیە بریتییە لەوەی کە نازانایی چارەسەر دەکات و ئەگەرەکانی نەشیاو بۆ

گەڕانەوە وەک خاڵی سەرەکی بەرکەوتنی نێوان تیۆری کوانتەم (کتێبی نەخشەکان) و جیهانی فیزیایی چارەسەر دەکات.
هۆیەکی تر کە بۆچی ئەم تێڕوانینە بە لامانەوە سەرنجڕاکێشە، گرنگییەکەی دەگەڕێتەوە بۆ ڕێگەی بەکارهێنانی ئەم میتۆدە لە شێوازی نەریتی لێکۆڵینەوە لە سروشتی کاتدا. دوای **ئاینشتایین** ئیتر بەکارهێنانی کات وەک ڕەهەندێکی فەزا، کات بووە بە ئاسایی. بەڵام کات و فەزا تەنانەت لە تیۆری ڕێژەییشدا دوو چەمکی هاوتا نین، هەرچەندە دەکرێت لە جیهان وا دابنرێت ژمارەی ڕەهەندەکانی فەزا زیاتر (یان کەمتر) لە سێ بێت، بەڵام قورسە جیهانیک وێنا بکرێت کە ڕەهەندی کاتی تێیدا نەبێت. بەبێ لەبەرچاوگرتنی گۆڕان، ئایدیای بوون بێواتا دەبێت، هەر بۆیە لانیکەم لە دیدی منەوە بوون بەبێ ببوون، بوونی نییە. ئەگەر لە ئەنجامی کارێکی نوێ لەسەر پرۆسەی شیاو بۆ نەگەڕاوەکان فیزیایەکی نوێمان دەست بکەوێت، کە ئایدیای سەرەکی تێیدا یەکئاڕاستەبوونی کاتە، لانیکەم من بە دڵنیاییەوە پەسەندی دەکەم.
هەروەها من ئەم نزیکبوونەوەیە بە سروشت بۆیە پەسەند دەکەم چونکە لە بنچینەدا نزیکبوونەوەیەکی زانستییە. هەر لە سەرەتای پەرەسەندنی فیزیای کوانتەمەوە، زۆر کەس کە هەندێکیشیان کەسانی ناسراون، ئەمەیان بۆ کردنەوەی دەرگەیەک بەرەو سۆفیگرایی بەکار هێناوە. بازدانی گەورە لە پرسی پێوانەوە بۆ پێویستیی بوونی ڕۆحی مرۆڤ نموونەیەکە لەم بابەتە. نموونەیەکی تر وەک لە کۆتایی بەشی چوارەمدا بینیمان، پێشنیازی بەکارهێنانی دۆخەکوانتەمییە نالۆکاڵییەکانە بۆ شیکاری تێگەیشتنە لە دەرەوەی هەستەکان (Extra-Sensory) و دیاردە نائاساییەکانی تر. زۆربەی ئەمانە بەندە لەسەر هەڵەتێگەیشتن لە فیزیای کوانتەمی. ئەگەر پرۆسەکانی پێوانی نەشیاو بۆ گەڕانەوە وەک هەقیقەتی سەرەکی لەبەرچاو بگیردرێت، زۆر لەم چەمکانە دەخرێنە لاوە، چونکە ئەم پرۆسانە

هەرچەندە زۆربەیان دیارینەکراون، بەڵام بە شێوەی عەینی هەقیقین و لە چوارچێوەی ناڵۆکاڵیبوون و بەشەکانی تری فیزیایە بە تیۆری ڕێژەییشەوە. هەرچەندە تا تێگەیشتن لە وردەکاریی کاری مێشک هێشتا ڕێگەیەکی دوورودرێژمان لە پێشە، ڕوونە کە پرۆسە سەرەکییەکانی ئاڵۆز و ئاژاوەکین و تایبەتمەندییە هاوبەشەکانیان لەگەڵ گۆڕانکارییە نەشیاو بۆ گەڕانەوەکانی وەک پێوان زیاترە بە بەراورد لەگەڵ دیاردە هاوبارەکانی کوانتەمی پەتی. هەر بۆیە لەوە دەچێت هەوڵدان بۆ شیکاری کرداری زیهن بەگوێرەی کوانتەمی نەریتی، ناچارە بەشکست و ئەو ئایدیایەی کە هەندێک لێکچوون لە نێوان فیزیای کوانتەم و دەروونناسی دەهێنێتە پێش لە باشترین بەراورددا لێکچوونێکی ڕواڵەتییە.

ئیتر دەبێت تا ڕادەیەکی زۆر ڕوون بووبێتەوە، وەڵامێک کە هەموو کەس لەسەری هاوڕا بن بۆ پرسی فیزیای کوانتەمی لەئارادا نییە. سروشتی لێکۆڵینەوەکانی ئەم ناوچەیە پیشانی دەدات بە ڕادەیەکی بەرچاو جەدەلین. هەندێک کەس بە بەهێزیی بەرگری لە بگۆڕە شاراوەکان بۆ هەقیقەتگەرایی دەکەن، لە کاتێکدا خەڵکی تر بڕوایان بە بەهێزیی فرەجیهانی هەیە. هەندێک لە گفتۆگۆکان بێهیوایی تێدایە، هەندێک لە نووسەرەکان بەرگری لە دیدگا تایبەتەکەیان دەکەنەوە، تەنیا بە جەختکردنەوە لەسەر باشییەکانی بەبێ گوێدان بەو ڕەخنە بە تەواوەتی جدییانەی لێوە دروست دەبێت.

سەرەڕای دیدگای تایبەتی خۆم کە لەم بەشەدا بە کورتی باسم کرد، من پێم وایە کە ئەمە دۆگمابوونە. ئێمە هێشتا لە سەرەتای تێگەیشتن لە ڕەفتاری گەردوونە ئاژاوەکییەکەماندایین. دەبێت هیواداربین لێکۆڵینەوەی زیاتری زانایان و فەیلەسووفەکان هەلی نوێی هەڵسەنگاندنی تاقیگەیی لە بەردەمماندا بکاتەوە و جیاوازیکردن لە نێوان وەهم و هەقیقەت زیاتر پێش بکەوێت.

خوێندنەوەی زیاتر

ئامانج ئەوە نییە سەرچاوەناسییەکی تەواو و بێکەموکوڕی بۆ بابەتەکە بکرێت، بەڵکو ڕێنماییەکی گشتییە بۆ زۆرترینی چاپکراوە پەیوەندیدارەکان. هەموو سەرچاوەکانی چاپی یەکەمیش لێرەدا هەن. سەرچاوەکان دوای هەڵبژاردنێکی خۆویستە لە کۆمەڵەیەکی زۆر گەورەتر.

سەرچاوە گشتییەکان

D. Bohm *Causality and Chance in Modern Physics* (Routledge and Kegan Paul, London, ١٩٥٩ and ١٩٨٤).

ئەم کتێبە گەنگەشە لەسەر کێشەکانی تیۆری کوانتەمی بەو شێوەی لە ٥٠ساڵی ڕابردوودا دەرکەوتوون و گەیشت بە هەوداری تیۆری بگۆڕە شاراوەکان دەکات.

P. C. W. Davies *Other Worlds* (Dent, London, ١٩٨٠)

قسە لەسەر ئایدیا کوانتەمییەکان بە درێژایی پەرەسەندنی فیزیای نوێ دەکات، کە لە لایەن پسپۆڕێکی فیزیاوە بۆ خەڵکی ئاسایی نووسراوە.

B. d'Espagnat *Conceptual Foundations of Quantum Mechanics* (Benjamin, Massachusetts, ١٩٧٦).

ئەم کتیبە و نووسەرەکەی ڕۆڵێکی گرنگیان لە دروستکردنەوەی ئارەزوو بۆ پرسە کوانتەمییەکان هێناوەتە ئاراوە. لە ئاستێکدا نووسراوە سوودمەندە بۆ پسپۆرانی فیزیا کە بەتوانان لە ماتماتیکدا.

B. d'Espagnat *In Search of Reality* (Springer, New York, ١٩٨٣).

لەم کتێبەدا نووسەر ئایدیاکەی لەسەر ڕێگە ناماتماتیکییەکان ڕوون دەکاتەوە.

A.I. M. Rae *Quantum Mechanics* (٤th edn., Institute of Physics, Bristol, ٢٠٠٢).

ئەم کتێبە میتۆدییە کە لە لایەن نووسەری ئەم کتێبەوە نووسراوە چڕ بووەتەوە بەگشتی لەسەر پرەنسیپەکان و بەکارهێنانەکان، بەڵام لە هەمان کاتیشدا بەشێکی لەسەر پرسە مەفهوومییەکان هەیە.

J. A. Wheeler and W. H. Zurek (eds.) *Quantum Theory and Measurement* (Princetown University Press, Princeton, ١٩٨٣).

کۆکراوەیەک لە ژمارەیەکی زۆر گوتار کە لە نێوان ساڵانی ١٩٢٦ و ١٩٨١ بڵاو بوونەتەوە. بەتایبەتی بەشگەلێکی دیالۆگی **بۆر** و **ئاینشتاین**ی تیدایە و لە سەرچاوەشەدا دەوڵەمەندە.

J. Al-Khalili *Quantum: A Guide for the Perplexed* (Weidenfeld and Nicholson, London, ٢٠٠٣).

کتێبێکی زیاد لە ڕادە سادە کراوە بۆ تێگەیشتنی گشتی لە پرەنسیپ و بەکارهێنانەکانی فیزیای کوانتەمی.

J. Baggott *Beyond Measure: Modern Physics, Philosophy and the Meaning of Quantum Theory* (Oxford University Press, Oxford, ٢٠٠٣).

ئامانجی ئەم کتێبە خوێندکارانی بەکالۆریوسی فیزیا و فەلسەفەیە بە هەموو بابەتەکەدا چووەتەوە.

سەرچاوە تایبەتەکان

J. Powers *Philosophy and the New Physics* (Methuen, London, ١٩٨٢).

گەنگەشـەیەکی شـیاو بـۆ خوێنـدنەوە لەسـەر پەرەسـەندنی ئایـدیا فەلسەفی و زانستییەکان لە ماوەی چەند سەدەی ڕابردوودا.

T. Hey and P. Walters *The Quantum Universe* (Cambridge University Press, Cambridge, ١٩٨٧).

کتێبێکـی زۆر باشـە سـەبارەت بە بەکارهێنـانی فیزیـای کـوانتەم بـۆ ناوچەگەلێکی بەرفراوانی فیزیا.

A. P. French and E. F. Taylor *An Introduction to Quantum Physics* (Nelson, Middlesex, ١٩٧٨).

ئەم کتێبە میتـۆدییە ئاکـادیمییە گەنگەشـەیەکی لەسـەر تایبەتمەنـدیی جەمسەرگیریی فۆتۆنەکان و بەگشتی جەمسەرگیریی ڕووناکی تێدایە کە کەمێک زیاترە لەم باسەی ئێمە.

J. F. Clauser and A. Shimony 'Bell's Theorem: experimental tests and implications' (*Reports on Progress in Physics*, ٤١, ١٨٨١–١٩٢٧, ١٩٧٨).

ئەم گوتـارە پێـداچونەوەیە گەنگەشـەیەک لەسـەر سـەلماندنە جۆربەجۆرەکـانی سـەلمێندراوی بێـڵ لەخـۆ دەگرێـت و تـاقیکردنەوە جۆربەجۆرەکـان کە لەو مـاوەیەدا ئەنجـام دراون شـرۆڤە کـراون، کە دەگەڕێنەوە بۆ پێش تاقیکردنەوەکەی **ئاسپێکت**.

B. d'Espagnat 'The quantum theory and reality' (*Scientific American*,٢٤١ (١١), ١٢٨–٦٦, ١٩٧٩).

ئەم گوتـارە ڕوونكرنەوەيەكـی نيمچەگشـتی بـۆ سـەلمێندراوی بێـڵ و دەلالەتەكـــانی بـــۆ ناجيـــابوونەوەيی دەدات بە دەســـتەوە. پـــێش تاقيكردنەوەی **ئاسپێكت** نووسراوە.

K. Popper and J. C. Eccles *The Self and its Brain* (Springer, Berlin, ١٩٧٧).
ئايـديا سـەرەكييەكانی گەنگەشـە لەسـەركراو لە كەرتـی يەكەمـی بەشەكەدا لەم گوتارەدا دەست دەكەوێت.

D. R. Hofstadter and D. C. Dennett (eds.) *The Mind's I* (Penguin, Middlesex, ١٩٨١).
ئەم كـۆمەڵە گوتـارە كە لە لايەن ژمـارەيەک نووسـەرەوە نووسـراوە لەسەر پرسـی هۆشـياريیە و ڕوونكـردنەوەی نووسـەرەكانە سـەبارەت بە مۆدێلێكی زيهن لەسەر ئايدياكانی زيرەكی دەستكرد.

J. Searle *Minds, Brains and Science* (BBC, London, ١٩٨٤).
لە ساڵی ١٩٨٤ **ريس** گوتارەكانی پێشكەش كرد، كە ئارگيومێنتەكانی دژە بە جيـاكردنەوەی زيهـن لە مێشـک، بەڵام دژە لەگەڵ ئايـديای مۆدێلی شێوەكۆمپيوتەری بۆ زيهن.

W. Sargeant and H. J. Eysenck *Explaining the Unexplained* (Weidenfeld and Nicholson, London, ١٩٨٢).
ئەم گوتارە كار لەسـەر دياردەكانی پارانۆرمـال دەكات، كە بەشـێكيان بەپێی فيزيای كوانتەم شرۆڤە دەكات.

M. Gardner *Science: Good, Bad and Bogus* (Oxford University Press, Oxford, ١٩٨٣).
هەرچەنـدە ژمـارەيەک سـەرچاوەی بـۆ فيزيـای كـوانتەمی تێدايە، ئەم كۆمەڵەی **مـارتين گـاردنێر**، كە لە مـاوەی چەنـدين سـاڵدا نووسـراوە،

هەڵگری ژمارەیەک ڕەخنەی زۆر بەهێزە سەبارەت بە توێژینەوە لەسەر دیاردە پارانۆرماڵەکان و چارەسەرێکی نوێیە بۆ کتێبەکەی **سارجینت و ئیسنیک**.

R. Penrose *The Emperor's New Mind* (Oxford University Press, Oxford, ١٩٨٩) and *Shadows of the Mind* (Oxford University Press, Oxford, ١٩٩٤)

لێرەدا ئەو دیدگایە پەرە پێ دراوە کە شێوازی کارکردنی هۆشیاری ناکرێت بە کۆمپیوتەر هاوشێوەسازی بۆ بکرێت و پەیوەندییە مومکینەکانی فیزیای کوانتەم لەگەڵ ئەمەدا لەبەرچاو گیراوە.

B. S. DeWitt and N. Graham (eds.) *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics* (Princeton University Press, Princeton, ١٩٧٣).

کۆمەڵەیەکە لە ژمارەیەک گوتاری زانستی لەسەر ئەم بابەتە، بە نامەی دکتۆراکەی **ئیڤێرتیش**ەوە.

D. Deutsch *The Fabric of Reality* (Penguin, Middlesex, ١٩٩٧).

بە تەواوەتی پشتگیریی کارێکی شرۆڤەی فرەجیهانییە و ئایدیاکانی خۆی لەسەر فیزیای کوانتەم لە ناو شتەکانی تردا باس دەکات، بەبێ ئەوەی هەوڵ بدات وەڵامی ڕەخنە جدییەکان لەسەر ئەم بابەتە بداتەوە.

A. J. Leggett Schrödinger's cat and her laboratory cousins (*Contemporary Physics*, ٢٥, ٥٨٣–٩٨, ١٩٨٤).

گوتارێکی دەورەکردنەوەییە کە ئایدیاکانی **پرۆفیسۆر لیگیت** لەسەر ڕێگەیەکی مومکین بۆ چارەسەری پرسی پێوان لە جیهانی

ماکرۆسکۆپیدا و چۆنێتیی هەڵسەنگاندنی بە تاقیکردنەوە لەسەر SQUIDەکان باس دەکات.

A. J. Leggett 'Testing the limits of quantum mechanics: motivation, state of play, prospects' (*Journal of Physics: Condensed Matter* ١٤, R٤١٥–R٤٥١, ٢٠٠٢).
دەورەکردنەوەیەکی چاکی دۆخی پلەی هەم لە دیدی تیۆری و هەم لە دیدی تاقیگەوە.

P. C. W. Davies *Space and Time in the Modern Universe* (Cambridge University Press, Cambridge, ١٩٧٧).
ئەمە بە شێوەیەکی بەربڵاو باسی بابەتەکانی فیزیای نوێ دەکات و گەنگەشەکان لەسەر نەشیاو بۆ گەڕانەوە و ناهاوجێی کات لەخۆ دەگرێت و تا ڕادەیەک بۆ گشت نووسراوە.

P. T. Landsberg (ed.) *The Enigma of Time* (Hilger, Bristol, ١٩٨٢).
ئەمە کۆمەڵەیەکە لە گوتاری زانستی و زۆر لایەنی سروشتیی کات دادەپۆشێت بە نەشیاو بۆ گەڕانەوەشەوە.

P. C. W. Davies *About Time* (Viking, London, ١٩٩٥).
ئەمە بۆخەڵک بەگشتی نووسراوە.

I. Prigogine *From Being to Becoming* (Freeman, San Francisco, ١٩٨٠).
ئەم کتێبە زۆربەی گەنگەشە بنچینەییەکانی ناو بەشەکەی لەخۆ گرتووە، سەرەڕای ئەوەش ژمارەیەک ڕوونکردنەوەی سێرمۆداینامیکی نەشیاو بۆ گەڕانەوەی تێدایە.

I. Prigogine and I. Stengers *Order out of Chaos* (Heinemann, An ١٩٨٤)

ڤێرژەنێکی گشتیی کتێبەکەی سەرەوە.

R. B. Griffiths *Consistent Quantum Theory* (Cambridge University Press, Cambridge, ٢٠٠٢).

پێشـــنیارکاری مێــژووە گونجاوەکـــانەوە، ئایـــدیاکەی خـــۆی ڕوون دەکاتەوە.

R. Omnes *The Interpretation of Quantum Mechanics* (Princeton University Press, Princeton, ١٩٩٤) and *Understanding Quantum Mechanics* (Princeton University Press, Princeton, ١٩٩٩).

ڕوونکردنەوەیەکـی ورد و تەکنیکـی لەسـەر نزیکبـوونەوەی مێـژووە گونجاوەکان.

لە چارەکی یەکەمی سەدەی بیستەم تۆزێك دوای لە دایکبوونی، فیزیای کوانتەم تووشی تەنگەژەیەکی گەورەی فەلسەفی بوو، کۆمەڵەی فیزیاییەکانی ئەو کات بوون بە دوو بەشەوە، ژمارەیەکیان نەیاری سەرسەخت و ژمارەیەکیان پشتیوانی بوون. ئەوەی لە کۆتاییدا مایەوەو پەرەی سەند، فیزیای کوانتەمی بوو، کە بووبە ئامرازێکی هەرە گرنگ بۆ توێژینەوە لە سروشت. فیزیای کوانتەم تێروانینمانی بۆ سروشت گۆڕی، بووبەهۆی ئەوەی بە شێوازێکی تر سەیری دیاردەکان بکەین، کە لەگەڵ تێروانینی ئاساییدا جیاوازی بنەڕەتی هەیە. واتای هەقیقەت گۆڕانکاری گەورەی بەسەردا هات و هەقیقەتی ڕەها واتای خۆی لەدەستدا. ئەمە هەر ئەوە شوێنە بوو، بووبەهۆی بازادانی گەورە لە زانستدا و گیرۆدەیی هاتە کایەوە .

غەزەلنووس